

Antti Jouppi

Loppukokoonpanossa käytettävien pienosien varastoinnin ja täyttöprosessin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

7.5.2014

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Jouppi Loppukokoonpanossa käytettävien pienosien varastoinnin ja täyttöprosessin kehittäminen 41 sivua + 2 liitettä 7.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Katriina Schrey-Niemenmaa, Lehtori, Metropolia Ammattikorkeakoulu Timo Lintula, Kategoriapäällikkö, Metso Automation Oy
<p>Tässä insinöörityössä kehitettiin pienosien varastointiratkaisu sekä sen täyttöprosessia kokoonpanoalueella. Työ tehtiin Metso Automation Oy:n Flow Control -yksikön Hakkilan tehtaalle. Päätaavoitteena oli määrittää kokoonpanoon sijoitettavat pienosat tarkasti sekä kehittää niiden varastoinnille toimiva täyttöratkaisu. Toisena tavoitteena työssä pureuduttiin myös pienosien keräilyyn ja sen kehittämiseen.</p> <p>Työn alussa haastateltiin tehtaan työntekijöitä, jotta saataisiin tarkempi kuva ongelmallisista pienosista sekä taustasyitä osien sijoittamisen tarpeellisuudelle. Projektin edetessä toteutettiin pilottihankkeita, joilla kerättiin lisätietoa kuluvista pienosista ja niiden kulutusmääristä.</p> <p>Haastatteluiden, pilottihankkeiden sekä pienosien vastaanottoraportin perusteella tehtiin lopullinen määrittäminen tuotantoon sijoitettaville nimikkeille. Varastointiratkaisut valittiin streami-kohtaisesti ja ne olivat tilan puutteen sekä käyttömukavuuden perusteella pyörillä varustettuja laatikkovaunuja sekä kiinteä pienosasermi. Pienosien täyttöprosessi toteutettiin osastojärjestelijöiden avulla.</p> <p>Pilottihankkeista saatujen tulosten perusteella kokoonpantavien yhdistelmien määrä kasvoi n. 50 %:sta yli 90 %:iin. Vastaava määrä päävarastosta noudettavia tuotteita poistui osastojärjestelijöiden toimenkuvasta. Saatujen tuloksien perusteella projekti oli tältä osin hyvin onnistunut.</p> <p>Kehitysprojektia jatketaan tulevaisuudessa laajentamalla nimikkeistöä tarpeen mukaan.</p>	
Avainsanat	pienosat, varastointi, logistiikka, RFID, Kanban, Lean

Author	Antti Jouppi
Title	Development of Small Parts Storage and Supply Chain in Assembly Area
Number of Pages	41 pages + 2 appendices
Date	7 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Katriina Schrey-Niemenmaa, Senior Lecturer Timo Lintula, Category Manager
<p>The aim of this thesis was to develop small parts storage and supply chain solution in the assembly area. The work was made for Metso Automation Ltd's Flow Control -unit in the factory of Hakkila. The main objective of this work was to clarify the most needed small parts in the assembly and plan the supply chain solution for them. A secondary aim was to develop picking in the new layout.</p> <p>In the beginning of the work the workers were interviewed in order to cover problematic small parts and root causes and clarify why the storage would be important. During the project, a few pilots were made in order to collect extra information of the most needed small parts and the used amounts.</p> <p>Based on the interviews, pilots and small parts receiving reports during the last year, a final evaluation of chosen small parts was ready. The storage solutions were made in stream-specific way and performed by bin carts with wheels or compact partition due to space limits in the area. The supply chain solution for streams was carried out by section organizers.</p> <p>The results obtained from pilots showed that the amount of work orders which needed small parts picked from the main storage was reduced from 50 % to 10 %. The exact same amount was also reduced from section organizers workload. Based on the achieved results, the project was very successful.</p> <p>The development project shall be continued in the future for example by increasing the range of products stored in the assembly area.</p>	
Keywords	small parts, storage, logistics, RFID, Kanban, Lean

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lean-ajattelu ja RFID-tekniikka teoreettisena tarkasteluna	2
2.1	Lean-ajattelu	2
2.2	RFID-tekniikan yleisesittely	7
3	Hakkilan tehtaän työntekijöiden esiselvityshaastattelut	8
4	Yhdistelmäkokoonpanossa käytettävät pienosat ja niiden määrittely	14
4.1	Yleistä pienosista	14
4.2	Pienosien valintaperusteet	16
4.2.1	Instrumentointiputkiliittimet	16
4.2.2	Putkitusosat	16
4.2.3	Instrumentointien kiinnitysosat	18
4.3	Pienosien määrityksen loppuratkaisu	19
5	Varastointiratkaisumallit sekä pienosien sijoittuminen	20
5.1	Nykyinen varastointijärjestelmä	20
5.2	Leanin soveltaminen Hakkilan tehtaän loppukokoonpanossa	20
5.3	Pienosasermeille toteutetut pilottihankkeet	24
5.4	Vaihtoehtoja varastointiratkaisulle	25
5.5	Kanban-laatikkotäydennysratkaisu	26
5.6	Varastoitavien osien lukumäärät ja laatikkokokojen mitoitus	27
5.7	Loppuratkaisu pienosien varastoinnille & stream-kohtainen suunnittelu	28

6	Pienosien täydennysratkaisu & RFID-tekniikan laajentaminen	30
6.1	Tavaran nykyinen täydennysysteemi ja saapuvan tavaran logistiikka	30
6.2	RFID-tekniikan hyödyntäminen pienosilla	31
6.3	Stream-kohtaisten pienosavarastojen täydennys	31
6.4	Osastojärjestelijät	32
6.5	Täyttöprosessista huolehtiminen	32
6.6	Pienosahyllyjen ylläpito	33
6.6.1	Pienosahyllyjen yleissiisteys	33
6.6.2	Pienosien riittävyys	33
7	Jatkokehitysmahdollisuudet	34
7.1	Varastointiratkaisun kehitettävyys	34
7.2	Putkituksien varastointi päävarastossa	35
7.3	Nimikkeistön muokkaaminen ja pienosaluettelo	35
7.4	Valmiit pienosapussit	36
7.5	Keräilyn yksinkertaistaminen	36
7.6	Putkibaari	36
8	Yhteenvedo tuloksista ja työn arviointi	37
8.1	Pienosat	37
8.2	Varastointi ja pienosien täydentäminen	37
9	Johtopäätökset	39
	Lähteet	40

Liitteet

Liite 1. Haastattelukysymykset

Liite 2. Pienosanimikkeistö

1 Johdanto

Tämä insinöörityö käsittelee Metso Automation Oy:n Flow Control -yksikön Hakkilan tehtaan yhdistelmäkokoonpanon pienosien varastoinnin uudelleenjärjestelyä eli *layoutia*, joka liittyy osana suurempaan koko tehdasaluetta koskevaan *layout*-muutosprojektiin. Työ on tulevan muutoksen takia tarpeellinen, koska tulevassa *layoutissa* nykyisen mallinen pienosien sijoittelu ei ole mahdollista niiden noutamiseen liittyvien pitkien välimatkojen takia. Muutoksen myötä pyrittiin kehittämään vanhaa pienosien varastointiratkaisua ja samalla luomaan uusia ratkaisuja liittyen pienosien sijoittamiseen sekä varastointiin.

Metso Automation Oy segmentti kuuluu osana suurempaan Metso konserniin. Automaation tärkeimmät liiketoimintakohteet ovat prosessiteollisuuden virtauksensäätöratkaisut, automaation ja informaatiohallinnan sovellusverkkojen tuotteet sekä palvelut, joilla katetaan tuotteiden koko elinkaari. Automaation Flow Control -yksikön yksittäisistä tuotteista tärkeimpiä ovat toimilaitteet, venttiilit sekä asennoittimet. Maailmanlaajuisesti Metsolla oli vuoden 2014 alussa yhteensä noin 18 000 työntekijää, joista automaation palveluksessa 4 200 henkilöä.

Tärkeimpänä tavoitteena insinöörityötä tehdessä oli määritellä tarkasti yhdistelmäkokoonpanoalueelle sijoitettavat pienosanimikkeet tuotantoa tukemaan, koska ennen projektia, vanhalla kokoonpanoalueelle sijoitetulla pienosanimikkeistöllä pystyttiin kokoonpanotöistä kattamaan vain alle 50 %. Tulevan mallin tavoitteena on, että noin 80 - 90 % kaikista töistä pystytään kokoonpanemaan uudelleenmääritettyjen pienosien avulla. Pienosien täydennysprosessin suunnittelu kuului myös insinöörityön aiheeseen. Osaltaan insinöörityön tavoitteet vaikuttavat koko *layout*-projektin yhteen päätavoitteista lyhentää tuotantoprosessin läpimenoaikoja ja nostaa tuotantotehokkuutta. Toissijaisena tavoitteena oli yksinkertaistaa keräiltävien osien kokonaisuutta sekä selkeyttää keräyksiä.

Ongelmaa lähdettiin purkamaan haastatteleamalla automaatioasentajia, keräilijöitä, varastohenkilökuntaa sekä työnjohtoa. Haastattelutulosten pohjalta lähdettiin laatimaan tulevaa suunnitelmaa sijoittaa tarkasti määritetyt pienosat kulutustarpeiden mukaan oikeisiin paikkoihin sekä miten niiden täyttöprosessi toteutetaan. Pienosien määrittely tehtiin edellisen vuoden ajalta saatujen nimikkeiden vastaanottoraporttien perusteella.

2 Lean-ajattelu ja RFID-tekniikka teoreettisena tarkasteluna

2.1 Lean-ajattelu

Lean-toiminnan kehittämisestä on olemassa useita eri malleja, joiden avulla sitä pyritään kuvaamaan. Yksi tunnetuimmista kuvauksista sisältää asiakkaan näkökulmasta tuotteelle määritetyn arvon, tuotantoprosessin, missä tuotteen arvo muodostuu, ongelmitta soljuvan tuotannon materiaalien ja muiden osalta, hyvin eteenpäin liikkuvan prosessin ja varaston sekä tavoitteen pyrkiä kaikessa tekemisessä kohti täydellisyyttä. [1.]

Lean-ajattelu tarkoittaa toiminnan kehittämistä, virtauttamisen kasvattamista, hukan poistoa, arvon lisäämistä sekä poikkeamien vähentämistä työskentelyssä. Lean sisältää paljon erilaisia työkaluja toiminnan kehittämiseen sekä filosofisen ajattelumallin. [2.]

Kuvassa 1 esitetään yksi malli Lean-ajattelun ymmärtämiseksi, eli mihin sillä pyritään ja mikä sen tarkoitus ei ole:



Kuva 1. Leanin tarkoitus [1.]

Japanista alkujaan lähtenyt Lean-toimintamalli on kehitetty Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta. Ensimmäiseksi sitä ruvettiin hyödyntämään erityisesti autoteollisuudessa, mutta se levisi myöhemmin nopeasti melkein kaikkiin toimialoihin ja on nykyisin tärkein tuotantoperiaate lähes kaikilla aloilla. Toimintamallin tärkein kulmakivi on jatkuva kehitys, ja sillä pyritään ensisijaisesti lisäämään arvoa tuotteelle loppuasiakkaan näkökulmasta sekä luomaan samalla järkevyyttä ja täsmällisyyttä omaan toimintaan. [3.]

Leanissa tuottavuuden nostaminen ei perustu tuotannon työtahdin kasvattamiseen vaan erilaisten hukkien poistoon prosessista. Hukan poistaminen prosessista on Lean-filosofian soveltamisen keskeisin tavoite. Hukalla tarkoitetaan kaikkea turhaa ja tuotteen arvoa lisäämätöntä työtä. Erilaisten hukkien poistaminen järjestelmällisesti prosessista johtaa työn tuottavuuden sekä laadun paranemiseen ja on Lean-ajattelun tärkein tavoite. [1.]

Lean-toimintamallin mukaisesti turhan työn jakaminen voidaan jakaa 8 eri kategoriaan:

1. **Ylituotanto** tarkoittaa tuotteiden valmistamista yli tarpeen. Samalla ylituotanto peittää todellisten hukkien esiintymistä ja vaikeuttaa niiden juurisyiden löytymistä.
2. **Odottaminen ja viivästymät** hidastavat prosessia merkittävästi, esimerkiksi tuotteiden loppuminen pysäyttää prosessin pahimmillaan päiviksi ja vaikuttaa suoraan tuotantoprosessin aikatauluun ja muihin vaiheisiin.
3. **Turhat kuljetukset** eivät lisää tuotteelle lainkaan arvoa loppuasiakkaan näkökulmasta.
4. **Poikkeamat laadussa** aiheuttavat vahinkoa asiakkaalle sekä hukkaavat materiaaleja, että resursseja.
5. **Turhat varastot** lisäävät varastointikustannuksia ja pidentävät tuotteiden läpimenoaikoja merkittävästi.
6. **Ylikäsittely tuotteilla** ei paranna tuotteen laadullista vaatimusta, mutta hukkaa silti aikaa.

7. **Turha liike** työskenneltäessä hidastaa prosessia, pitkiä välimatkoja karsimalla ja tuotantoreittejä yksinkertaistamalla vaikutetaan tehokkaimmin tähän epäkohtaan.
8. **Työntekijöiden ideoiden ja innovaatioiden hyödyntämättömyys** estää jatkuvan kehityksen. Työskentelykentältä saadaan tieto ja palaute asioiden toimivuudesta ja parannusmahdollisuuksista. [1.]

Lean-toimintaan liittyy tärkeänä työkaluna 5S, joka on käytännönläheinen työkalu toimintamallin toteuttamiseen. S-kirjaimet tulevat japanin kielisistä sanoista *Seiri* (lajittele), *Seiton* (järjestä), *Seiso* (puhdista ja huolla), *Seikutsu* (vakiinnuta toimenpiteet) ja *Shitsuke* (ylläpidä). [3.]

Visuaalinen ohjaus selkeyttää prosessin ja työvaiheiden hahmottamista. Menetelmän avulla huomataan hukkia työskentelyprosesissa helpommin ja tuodaan tehokkaammin esiin turhan työn lähtökohtaisia aiheuttajia, jotta niiden poistaminen yksinkertaistuu ja nopeutuu.

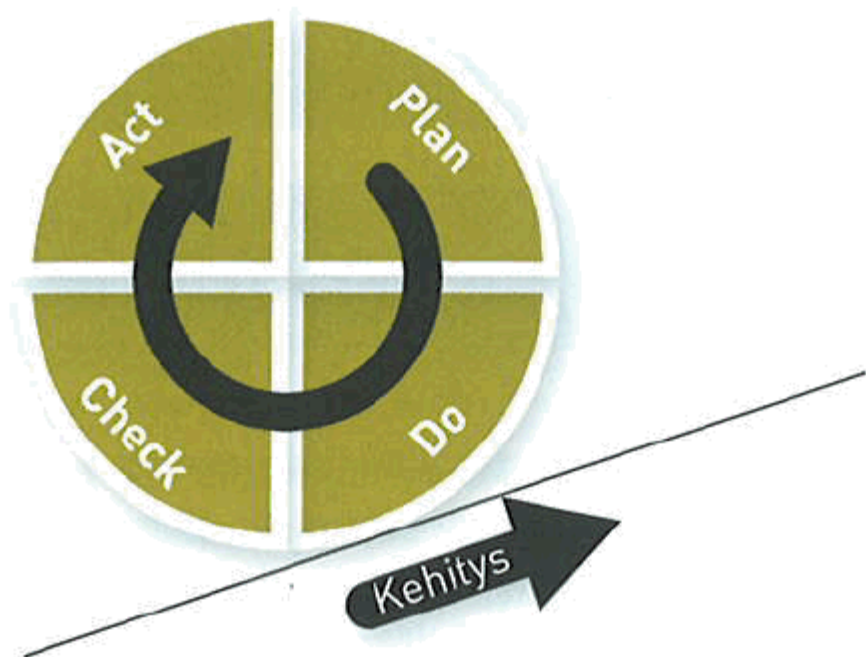
Standardoiminen antaa ulkopuolisille selkeimmän kuvan siitä, mitä työntekeo parhaillaan on. Standardin avulla määritetään tuotanto ja tuotantoprosessit, joita on miellyttävä toteuttaa. Standardilla pyritään laskemaan tarkasti työvaiheisiin käytettyä aikaa, resursseja sekä materiaaleja. [2.]

Imuohjaus on tuotannon virtauttamisessa käytetty tehokas malli, jossa töiden aloittaminen perustuu osien saatavuuteen. Mallin mukaan pienosien täydennys tapahtuu aina kokoonpanon synnyttämän tarpeen mukaisesti. Pienosien kulutuksen suhteen tämä insinöörityö keskittyy erityisesti järjestelmän puitteissa väärin tapahtuviin pienosakulutuksiin.

Kaizen eli jatkuva parantaminen on lean-toiminnan tärkeimpiä kulmakiviä. Jatkuvalla parantamisella pyritään vaikuttamaan tehokkaasti epäkohtiin ja hiomaan nykyisiä toimintatapoja entistäkin paremmiksi. Jatkovaa parantamista suoritetaan kaikilla työskentelytasoilla ja tällä menetelmällä saavutetaan kehittymistä monipuolisemmin eri osa-alueilla. Menetelmän parissa työskennellään yhdessä ja pohditaan ryhmässä kehitettäviä työskentelytapoja sekä luodaan uusia ideoita. Tavoitteena on saada erilaista tietoa ja näkemyksiä, joita yhdistelemällä ja pohdimalla saavutettaisiin paras lopputulos. Kaizen- filosofian kulttuurillisena puolena on tavoite kannustaa kaikkia osallistumaan aktiivisemmin oman työskentelyn ja työympäristön kehitykseen. [3.]

Operational excellence eli operatiivinen erinomaisuus on Lean-ajattelun pohjalta kehittynyt systemaattinen johtamistapa. Pääkohteena myös *operational excellencessa* kuten Leanissa on pyrkiä jatkuvaan kehittämiseen. *Operational excellencen* ohjaavat pääperiaatteet keskittyvät arvon tuottamiseen asiakkaan näkökulmasta, prosessiin keskittymiseen, virtauttamisen ja imun arvostamiseen, jokaisen yksittäisen työntekijän kunnioittamiseen, järjestelmälliseen sekä tieteelliseen ajattelumalliin, nöyrään johtamiseen, täydellisyyteen pyrkimiseen, raaka-aineiden laadun varmistamiseen sekä saavutettavien päämäärien luomiseen. [4.]

PDCA-kierto liittyy olennaisena osana jatkuvaan parantamiseen. PDCA-kierron kehitti ensimmäisenä Walter A. Shewhart, mutta suurelle yleisölle sen esitteli ja levitti J. Edward Deming. Kirjaimet PDCA tulevat sanoista *plan* (suunnittele), *do* (suorita), *check* (arvioi) ja *act* (toteuta). PDCA-kierto on käytännöntyökalu jatkuvalle parantamiselle. [5; 6.]



Kuva 2. PDCA-kierto [1.]

PDCA-kierron vaiheet:

- Suunnitteluvaiheessa laaditaan suunnitelma toteutettavalle kehityskohteelle.
- Suoritusvaiheessa toteutetaan esimerkiksi pilottihanke valitun suunnitelman pohjalta.
- Toteutetun pilotin saaduista tuloksista tehdään analyysi.
- Viimeisenä vaiheena toteutetaan analyysiin perustuen halutut muutokset prosessiin.

Kiertoa jatketaan saman syklin mukaisesti ja kehitettyjä kohteita valvotaan säännöllisesti, jotta saavutetut positiiviset muutokset vakiintuvat prosessiin ja kehittämistyö jatkuu.

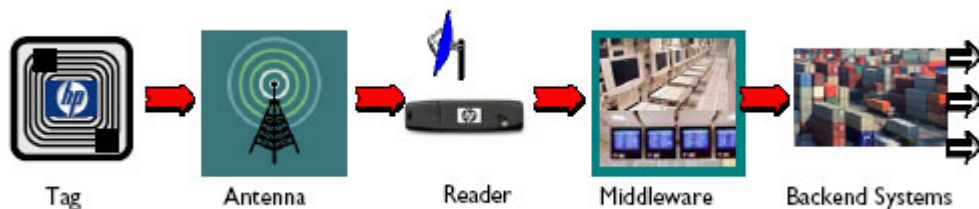
Mittaaminen on tärkeä osa Lean-ajattelua. Erilaisilla mittareilla esitetään tuotantoprosessin laatua, tehokkuutta sekä hukkien esiintymistä. Mittaamisen avulla asetetaan tavoitteet prosessille, havaitaan ongelmat sekä seurataan jatkuvankehityksen etenemistä. Mittauksessa voidaan käyttää esimerkiksi OEE:tä (Overall Equipment Effectiveness), jolla lasketaan ja ilmaistaan käytettyä esimerkiksi OEE:tä (Overall Equipment Effectiveness), jolla lasketaan ja ilmaistaan käytettyä laatua sekä nopeutta tuotantoprosessissa. Mittaustulokset on hyödyllistä esittää visuaalisena, koska kuvaajien avulla on helpompi hahmottaa eniten parannusta vaativia kohteita prosessissa. Mittaustulosten avulla pystytään kehittämään toimintaa nopeammin ja tehokkaammin. Jos asetetuista tavoitteista jäädään, täytyy korjaavat toimenpiteet suorittaa välittömästi, jotta samat ongelmat eivät pääsisi heti toistumaan.

Prosessiteollisuudessa hyödynnetään vastaavia Lean-periaatteita kuin muussakin valmistusteollisuudessa. Menetelmiä muokataan yrityksien tarpeiden mukaan vastaamaan mahdollisimman tehokkaasti haluttuja tavoitteita käytännössä. Tehtaan *layout*-suunnittelu on avainasemassa vaikuttaessa tavaravirtoihin ja järkevään valmistumismäärään. Pätevimmat Lean-tekniikat prosessiteollisuudessa ovat tuotannon virtauttaminen, imu, tasoittaminen, laatu sekä jatkuva parantaminen. [1.]

2.2 RFID-tekniikan yleisesittely

RFID eli *Radio-Frequency Identification* on radioaaltojen taajuuksilla tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Tekniikkaa käytetään tiedon tallentamiseen tunnistelle sekä lukemiseen langattomasti. RFID:tä käytetään määrittämään ja valvomaan mm. tavaroita, kuljetuksia sekä ihmisiä. Tärkeimpiä komponentteja RFID:n toteuttamisessa ovat tunnistet, lähetin, lukijat sekä toiminnan-ohjausjärjestelmä. [7.]

RFID-toiminnan komponentit toimimisjärjestyksessä kuvassa 3:



Kuva 3. RFID-toiminnan komponentit [8.]

RFID-tunniste on pienikokoinen antennin ja muistiyksikön sisältävä komponentti. RFID-lukijan avulla tieto luetaan tunnistesta ja lähetetään eteenpäin toiminnanohjausjärjestelmään joko tietokoneen tai kenttäväylän välityksellä.

Suurimmat edut RFID:n käytöstä saadaan integraatiosta toiminnanohjausjärjestelmään, jolla tietoa käsitellään ja toimitetaan tarvittaessa eteenpäin. Käytetty tekniikka on samankaltainen kuin viivakoodeilla. Suurimpina etuina viivakoodeihin verrattuna ovat pidempi kantama tiedon lukemiselle, suurempi tiedon tallennuskapasiteetti, tunnisteen hyvä liian kestävyys sekä mahdollisuus tiedon ja koodin muunteluun sen lähettämisen jälkeen. RFID:tä voidaan soveltaa Leanin kannalta esimerkiksi aikatauluttamalla tarkemmin saapuvia tilauseriä, jotta ne saapuvat tuotantoon oikeaan aikaan. [7.]

RFID:tä käytetään esimerkiksi omaisuuden valvontaan, kulunvalvontaan, tuotannon ja valmistuksen kontrollointiin, maksutoimituksiin, tilaus-toimitusketjun hallintaan, markettien myymiin tuotteisiin sekä lukuisiin muihin innovatiivisiin kohteisiin. Yleisimpiä käyttöympäristöjä RFID:n

soveltamiselle ovat tehtaat, satamat, lentoteollisuus, maantiet, tulliasemat ja muut rajanylityspaikat sekä marketit. Tulevaisuudessa käyttökohteet ja käyttömäärät tulevat lisääntymään huomattavasti tekniikan halventuessa sekä positiivisten käyttökokemusten myötä. [9.]

Tarkemman kontrollin avulla tuotannossa tapahtuvien tuotteiden siirtojen suuntaa pystytään valvomaan tarkemmin ja löytämään prosessista kadonneita tai muualle vahingossa siirtyneitä tuotteita tehokkaammin. Tämä vaikuttaa suoraan myös laadun paranemiseen, sillä tiettyjen toimenpiteiden tapahtuminen oikeassa järjestyksessä tuotantoketjussa takaa paremman lopputuloksen, vähentää poikkeamien määrää ja lisää siten myös arvoa loppuasiakkaan kannalta. [7.]

3 Hakkilan tehtaan työntekijöiden esiselvityshaastattelut

Insinööri työn lähtökohtien kartoittamista sekä aiheeseen liittyvää oman tietoisuuden lisäämistä varten haastateltiin Hakkilan tehtaan työntekijöitä, jotka työskentelevät tämän insinööri työn aihepiirin parissa. Haastatteluissa tavoitteena oli löytää monipuolisia näkökulmia tuotantoprosessin vanhasta mallista, visioita uutta mallia kohtaan sekä tarkkaa tietoa pienosista, joita kokoonpano tarvitsee osittaisten rakennepuutteiden takia. Haastattelut toteutettiin avoimena haastatteluna, äänittämällä ja äänitykset purettiin kysymys-vastaus-periaatteella. Kysymykset haastatteluihin laadittiin aikaisempaan työkokemukseen eri puolilla tehdasta perustuen ja aloituspalaverissa sekä alustavassa suunnitelmassa esiin tulleisiin asioihin. Kysymyskategorioina olivat keräily- ja varastointijärjestelmät, tavaravirta, yleisimmin kuluvat pienosat, muokattavuus, hyllyratkaisut, ylläpito & vastuut sekä pienosien kulutus. Haastattelukysymykset löytyvät liitteestä 1.

Näkökulmien monipuolistamiseksi haastateltavina oli kaksi automaatioasentajaa, kolme varastohenkilökunnan edustajaa, kaksi keräilijää sekä viisi työnjohtajaa tai tuotannon-suunnittelijaa. Yhdistelmäkokoonpanoalueelle sijoitettavaa pienosienvarastointijärjestelmää lähdettiin suunnittelemaan tehdyn esiselvityksen pohjalta. Työn kannalta vahvasti tukevin tekijöinä olivat aikaisempi tuntemus eri tyyppisistä pienosista, niiden käytöstä loppukokoonpanossa sekä kenttätuntemus tehtaasta.

Haastatteluiden avulla saatiin projektissa hyödynnettävää tietoa nykyisen prosessin hyvistä ja huonoista puolista keräilyssä, varastossa ja yhdistelmäkokoonpanossa. Tehtaan puolella tapahtuvan prosessin tärkeimmät aihealueet ovat varastointi, keräily, tavaravirta, töiden- ja tuotannon suunnittelu sekä itse kokoonpanotyö.

Haastattelukysymykset onnistuttiin laatimaan hyvin, joten ongelmakohtiin päästiin pureutumaan nopeasti. Ongelmalliset ja välttämättömät yhdistelmäkokoonpanon vaatimat pienosat tulivat esille haastatteluissa selkeästi nimikekategorioina sekä kokoluokittain eriteltyinä. Haastatteluissa saatiin lisäksi muutakin tarpeellista tietoa, liittyen esimerkiksi tavaravirtoihin yleisesti, imojen sijoittamiseen sekä tiedon jakamiseen tuotannolle suurempien projektien osalta. Nämä asiat eivät kuulu tämän insinööritoiminnan rajoituksen piiriin.

Haastatteluvastauksista koottu yhteenveto:

Keräily- ja varastointisysteemit

Keräily toimii nyt yleisesti hyvin keräyslistan mukaan kerättävien osien osalta, mutta keräyslistan ulkopuoliset osat tuottavat ongelmia. Nykyisen keräilyjärjestelmän hyvinä puolina nousee esiin erityisesti hyvä ja nopea kommunikatio keräilyn ja varaston välillä. Varasto sijaitsee nykyisin suhteellisen lähellä kokoonpanoa minkä ansiosta mahdollisten vaihtotavaroiden ja muiden osien nouto varastosta on joustavaa. Tarvittavien täydennyksien takia joudutaan kuitenkin työskentelemään trukkiliiikenteen seassa mikä osaltaan kasvattaa merkittävästi työturvallisuusriskiä.

Keräyslistojen ulkopuoliset keräykset aiheuttavat ongelmia varastossa aiheuttaen mm. saldovirheitä. Roihupellon aikaisen järjestelmän vahvimpia puolia oli se, että tavara sijaitsi todella lähellä tuotantoa. Ongelmia tuotti erityisesti yleisjärjestyksen ylläpito pienosalaatikoissa.

Toiveina tulevaan on, että tavalla tai toisella selkeästi määritetyt pienosat ovat lähellä kokoonpanoaluetta. Pienosien pitäisi kattaa kokoonpanon kulutustarve hyvin ja palvella koko yhdistelmäkokoonpanoa tasapuolisesti. Varastoinnin sijainnin tulisi taten olla mahdollisimman keskeinen. Tämän perusteella myös keräilyn ja keräiltävien osien määrä erityisesti pienosien osalta myös pieneneisi sekä ylimääräinen liikenne varastossa vähenisi. Arveluttavana tekijänä uutta järjestelmää kohtaan nousee esiin tuotannonohjauksen tarkkuus osien, keräilyn sekä töiden osalta. Myös tiedonkulun nopeus mahdollisissa ongelmatilanteissa sekä tavaran riittävyys kulutuspiikeissä epäilyttää.

Esiin tuli lisäksi ajatus siirtymisestä ns. autotehdasmalliin, missä jokaisella työpisteellä tehtäisiin vain tietty työvaihe. Tämän mahdollistaisi kuitenkin vasta tarkkojen 3D-mallinnuskuvien saaminen suunnittelulta.

Tavaravirta

Pienosat ovat liikkuneet sujuvasti varastosta kokoonpanoon päin. Ongelmia on ilmennyt tavarajärjestyksessä palautumisessa takaisin varastoon esim. tuotepalautusten tai vaihdettavien osien takia. Tuotannosta varastoon palautuva tavara koetaan hitaaksi prosessiksi ja tiedot saapuvista tuotteista ovat usein puuttellista sekä liian hitaasti välittyviä. Asentajien kannalta erityisen ongelmalliseksi on koettu *imujen* eli asennus- ja huolto-ohjeiden noutaminen sekä vieraskielisten *imujen* tulostus. Parannusehdotuksena tähän olisi niiden vastuun siirtäminen esim. keräilylle, varastolle tai pakkaamolle.

Ehdottomasti yleisimpänä syynä nykyisessä prosessissa pienosien vaihdolle nousee esiin suunnittelusta johtuvat rakennevirheet instrumentointiosissa kuten putket, liittimet ja instrumentointien kiinnitykseen käytettävät osat. Alkuperäinen suunnitelma ja lopputoteutus eivät vastaa toisiaan. Tästä johtuen asentajat joutuvat instrumentointikokoonpanovaiheessa liikkumaan varastoon noutamaan puuttuvia pienosia.

Toiveena uutta kohtaan olisivat lyhyet etäisyydet noutaa tavaraa sekä tiukka järjestelmäkuriin noudattaminen. Näillä parannettaisiin oleellisesti työtehokkuutta sekä varastosaldojen paikansa pitävyyttä. Suuret läpimenovolyymit *Stock-streamissa* vaikuttavat kokoonpanoon sekä osatarpeisiin. *Stock-streamissa* läpimenevien yhdistelmien tarve valmisputkille ja liittimille on suuri. Tulevaisuudessa arveluttavana tekijänä tavarajärjestyksen kannalta *streamissa* ovat esiintyvät osapuutteet ja edelleen näistä aiheutuvia ongelmia ovat esim. keskeneräisten keräyksien selvittäminen sekä niiden varastointi.

Yleisimmin kuluvat pienosat ja niiden määrittely

Kokoonpanon tarvitsemat yleisimmin kuluvat pienosat tulisi määritellä perustuen edellisvuoden raporteilla esiintuleviin suurimpiin volyymeihin. Kaikkein suurimmat kulutusmäärät omaavat tuotteet olisi ehdottoman tärkeää saada niin lähelle kokoonpanoa kuin se logistisesti on mahdollista ja järkevää. Kuukausikohtaisten kulutuspiikkien avulla olisi lisäksi helpointa arvioida laatikkokokokoja sekä varautumista mahdollisiin kulutuspiikkeihin myös tulevaisuudessa.

Pienosanimikkeinä esiin nousivat erityisesti ruuvit, mutterit, pultit, mahdolliset valmisosapussit, niitit, kaksoisnipat, liittimet, valmisputket, huohottimet sekä virtaussuuntanuolet. Tarkemmin kokoluokittain liittimistä 6 mm - 16 mm sekä vastaavat tuumaluokat. Kaksoisnippoja, kulmaliittimiä sekä t-haaraliittimiä: 1/8" - 1". Huohottimia sekä tulppia tarvitaan 3/4":n kokoon asti. Yhteensä karkeana arviona kaikkein yleisimmille liittimille olisi ainakin noin 50 nimekettä. Kokoonpanoalueelle varastoitavan tavaran määrittelyssä olisi myös tärkeää, että se olisi helposti laatikko kerrallaan vaihdettavaa.

Mittariblockit ovat valmisosapussiratkaisusta erittäin hyvänä ja toimivana esimerkkinä. Nykyisin on suunnitteilla ja harkinnassa muutama uusi osapussi. Osapussit koetaan hyvin toimiviksi ratkaisuksiksi, jos ne ovat tarpeeksi selkeästi määritetty ja sisältävät juuri työlle kuluvat osat. Ehdotuksia tuli esiin mm. asennoitin-toimilaite rajapintaan, tankeille sekä magneettiventtiileille soveltuvista liitososasetistä. Osapussit eivät toimi instrumentointiosilla, koska niissä esiintyy liikaa variaatioita.

Pienosissa *streamien* väliset eroavaisuudet kohdistuvat lähinnä instrumentointipuoleen. Kaikki *streamit*, ATO, Jamesbury&Stock ja Special käyttävät samoja osia, poislukien Jamesbury, jossa liitososat ovat valmisostonimikkeitä USA:sta. Valmisputkea käytetään eniten Stock-*streamissa*.

Muokattavuus ja laajennusmahdollisuudet varastointiratkaisulle

Nykyiseltään kaikki työpisteet ovat monikäyttöisiä, mutta tulevaisuudessa työpisteiden käyttö saattaa olla rajatumpaa vain tietyntyyppisille yhdistelmille. Tällä ratkaisulla pystyttäisiin rajaamaan varastoitavien osien laajuutta pienempiin kokonaisuuksiin.

Varastointiratkaisuna olisi parhaimmillaan helposti muokattava ja siirrettävä toteutus. Kehitysmahdollisuutta varten yleisvaraston yhteydessä on syytä olla paperilista, johon asentajat voivat kirjoittaa huomaamiaan pienosien puutteita. Liian tarkan ja rajoittavan varastointiratkaisun suunnitteleminen ja toteuttaminen saattaa tulevaisuudessa aiheuttaa ongelmia, sillä vapaata tilaa tuotannossa on aina rajallisesti. Isojen ja arvokkaampien erikoistuotteiden säilytys olisi järkevää toteuttaa tulevaisuudessakin vain päävarastossa.

Hyllyratkaisut varastoinnille

Parhaana ja selkeimpänä visiona tulevaan varastointi- ja hyllyratkaisuun olisi seuraava: päävarasto, keskitetty yleisvarasto kokoonpanoalueella sekä työpiste tai solukohtaiset pienlaatikot.

Avohyllyissä oleviin pienlaatikoihin olisi sijoitettuna esimerkiksi instrumentointien kiinnitysosia (ruuvit, mutterit jne.), joita tarvitaan paljon asennusvaiheessa. Yleisvarastoon tulisi sijoittaa esimerkiksi liittimet, valmisputket, suorat putket, nipat ja muut tarvittavat tuotteet.

Muita vaihtoehtoja hyllyratkaisuun olisivat *Paternoster*-varastoautomaatti ja läpivirtaushyllyt. *Stream*-kohtainen suunnittelu pienosille voisi myös olla mahdollista, vaikka ne fyysisesti sijaitisivat yhdessä pisteessä.

Täyttöratkaisuna jokaisella nimikkeellä olisi oltava vähintään kaksi täyttölaatikkoa. Valmisputkille paras sijoitusmenetelmä olisi omat putkisemit. *Paternoster*-varastoautomaatin sijoittaminen kokoonpanon varastointiin ei välttämättä olisi kovinkaan toimiva ratkaisu johtuen mahdollisista ruuhkista *paternoster*-varastoautomaatilla. Lisäksi rikkoutuessaan *Paternoster*-varastoautomaatti pysäyttäisi koko tuotannon pahimmillaan pitkäksi aikaa. *Paternoster*-varastoautomaatin parhaana puolena on sen viemä pieni lattiatila verrattaessa avo- tai läpivirtaushyllyihin. kaksi laatikko-järjestelmä koetaan tavarantoimittajien toimitusvarmuuden ollessa korkea parhaana ja toimivimpana ratkaisuna. Selkeän ja mahdollisimman yksinkertainen varastointisysteemin toimivuus koetaan onnistuvaksi.

Varastojaolla olisi optimaalista sijoittaa tavaraa ympyrämallin mukaisesti, jossa pienosia jaetaan lähelle pisteitä, missä kokoonpannaan suurella volyymilla tuotteita. Kokoonpanopisteet, joissa kokoaminen on hitaampaa tulisi sijoittaa kauimpana täydennyspisteestä.

Ylläpito ja täyttövastuut

Tyhjien laatikoiden keräyspisteen tulisi olla hyvin selkeästi merkattu sekä sijaita sujuvassa paikassa, jotta täyttöprosessista saadaan mahdollisimman toimiva. Laatikoiden täyttövastuuta määritettäessä RFID-tekniikalla toteutetun yleisvaraston täyttö olisi järkevintä kohdistaa suoraan alihankkijoille. Täysien laatikoiden yleisvarastoon tuomisesta vastaisi joko alihankkija tai varastohenkilökunta. Täysien laatikoiden täydennyksessä tulee esiin työturvallisuuskysymys liikuttaessa trukkilikenteen seassa.

Vaihtoehtoina yleisvaraston pienosien täydennykselle:

1. Kokoonpanoalueella sijaitseva piste, johon asentajat laittavat tyhjät laatikot, jotka varastohenkilökunta käy 1 - 2 kertaa päivässä täydentämässä. Varasto laittaisi sen jälkeen nuo nimikkeet tilaukseen hakiessaan tyhjät laatikot pois.

2. Asentajat lukevat suoraan laatikon kyljessä olevan RFID-tarran lukijaan ja laittavat tyhjän laatikon odottamaan niille varattuun pisteeseen.

Työpistekohtaisten pikkulaatikostojen täyttöön on seuraavat vaihtoehdot:

1. Yleisvarastossa sijaitsee täydennyslaatikot, joista asentajat itse täydentävät osia tarpeen mukaan lähemmäs työpisteitä.

2. Täydennys sijaitsee päävarastossa, johon tilaukset pitäisi lähettää. Tässä nousee esiin kysymys mahdollisesta viiveestä ja siitä voiko kyseisiä osia lainata viereiseltä pisteeltä täydennyksen aikana?

3. Varastohenkilökunta käy määräajoin kiertämässä ja täydentämässä kaikki kokoonpanopisteet.

Asentajien vastuulla olisi omien työpistekohtaisten laatikoidensa järjestyksen ylläpito sekä vastuu hälytysimpulssin lähettämisestä varastolle ja RFID-täytön lukijaan. Samojen pienosanimikkeiden säilyttäminen useassa eri pisteessä koetaan varastoinnin ylläpidon kannalta hankalaksi ja mahdollisten ongelmien aiheuttajaksi. Tarpeen mukaan tietysti myös keräily- ja varastohenkilökunta osallistuvat osien riittävyyden silmämääräiseen valvontaan. RFID:n käyttö tilaussysteeminä on varmin tapa, jos laatikoiden merkintä ja ohjeistus ovat tarpeeksi selkeitä kaikille osapuolille. Pelkkä laatikoiden silmämääräinen valvonta on hidasta, epävarmaa ja resursseja vaativaa.

Täyttötarpeen tiheyden valvontaan vaikuttaa oleellisesti oikein valitut laatikkokoot. Visuaalinen valvonta ja nopea reagointi loppuviin tuotteisiin on myös tärkeää. Nykymallissa valmisputkia ja liittimiä tarkistetaan manuaalisesti 1 - 2 kertaa viikossa. Täyttötarpeen vastuunjaon pitäisi olla selkeää, joskin täyttövastuussa olevan henkilön poissaollessa tulisi työtehtävälle aina olla olemassa varahenkilö.

Pienosien kulutus

Yleisesti kulutusmääriä arvioitaessa sekä ennustettaessa kulutusta tulevaisuudessa pitäisi instrumentointisuunnittelulta saada tietoa hyvissä ajoin projekteista, jotta pystyttäisiin varautumaan kuluviin osamääriin erityisesti liittimien osalta. Liitososat taas riittävät yleisesti hyvin johtuen varastoidusta kapasiteetista. Kulutusta pitäisi myös pystyä arvioimaan *stream*-kohtaisesti esim. erottelemalla sekä analysoimalla isojen ja pienten kokoonpanopisteiden päivittäistä kulutusta. [10.]

4 Yhdistelmäkokoonpanossa käytettävät pienosat ja niiden määrittely

4.1 Yleistä pienosista

Yhdistelmäkokoonpanon pienosat voidaan luokitella kahteen kategoriaan: liitososiin sekä instrumentointiosiin. Liitososien keräilysteemi ja työlle saaminen ei ole tuottanut juurikaan ongelmia nykyisessä systeemissä. Instrumentointiosat taas ovat lähes poikkeuksetta ongelmallisia sen takia, että niitä on vaikea määrittää oikein 100 %:n tarkkuudella kaikille kerättäville töille. Ongelman takia asentajat käyvät itse aina keräämässä jokaiselle työlle tarvittavat instrumentointiosat yhdistelmäkokoonpanovaiheessa.

Instrumentointiosia eli putkiliittimiä sekä putkituksia ei pystytä määrittämään tarpeeksi tarkkaan nykyisellä suunnittelutekniikalla suunnitteluvaiheessa, joten myöskään keräily ei niitä pysty oikein keräämään. Tarkempi suunnittelu eli yksillölliset 3D-piirustukset jokaisesta yhdistelmästä erikseen eivät ole taloudellisesti kannattavia, koska jokainen työ voidaan käsittää omana yksilönään. Näinollen jokaisen piirustuksen tekeminen erikseen veisi enemmän aikaa kuin vaihtoehtoisten vaikeasti määriteltävien osien sijoittaminen ja kerääminen loppukokoonpanon läheisyydessä. Kyseisten pienosien varastointi yhdistelmäkokoonpanon välittömään läheisyyteen on siksi ensiarvoisen tärkeä tavoite tässä insinööriyössä.

Hakkilan tehtaan tuotannon perustana ovat tuotannon *streamit* eli arvovirrat, joilla jokaisella on omat tuotteet ja tuotteistonohjausperiaatteet. ATO-, Special-, Jamesbury- ja Stock-*streamit* kattavat osiltaan koko toimitusprosessin. Yhdistelmäloppukokoonpanossa valmistetaan erilaisia yhdistelmiä, jotka monipuolisimmillaan pitävät sisällään toimilaitteen, venttiilin, asennoit-

timen sekä monimutkaisen instrumentoinnin, kuten kuvassa 4 nähdään. Työn tekeminen saat-
taa olla mielekkäämpää, kun asentajat pääsevät tekemään ns. kenttäsuunnittelua ja käyt-
tämään myös hankkimaansa ammattitaitoa. Uutta *layoutia* varten nämä kyseiset instrumen-
tointiosat täytyvät olla sijoitettuna yhdistelmäkokoonpanoalueella.



Kuva 4. Venttiili-toimilaitteyhdistelmä, jossa instrumentointi

Ratkaisulla pyritään minimoimaan asentajien turhaa ajankäyttöä pienosia keräillessä ja tehostamaan samalla koko prosessia vähentämällä turhaa työtä kokoonpanovaiheessa. Uuden *layoutin* kasvattaessa välimatkoja huomattavasti päävaraston sekä loppukokoonpanoalueiden välillä, aiheuttaa tämä myös ongelmia mahdollisten itse kokoonpanovaiheessa hajoavien tai katoavien liitososien tai instrumentointien kiinnitysosien suhteen. *Stream*-kohtaisten sermien rajallisen varastointikapasiteetin takia joitakin harvinaisempia instrumentointeihin käytettäviä osia sekä niiden kiinnitystuotteita sijaitsee vain päävarastossa. Ratkaisussa yhtenä alustavana vaihtoehtona oli sijoittaa myös kaikkein tarpeellisimmat ja yleisimmin kuluvat liitososat varalle yhdistelmäkokoonpanoalueelle.

4.2 Pienosien valintaperusteet

4.2.1 Instrumentointiputkiliittimet

Ensimmäinen ongelmallisista pääkohteista ovat instrumentoinneissa käytettävät putkiliittimet, joihin tässä insinööriyössä keskitytään. Liittimien jakaminen niin nykyisessä kuin tulevassakin ratkaisussa voidaan tehdä kahteen luokkaan, jotka ovat pienyhdistelmä- sekä raskaskokoluokka. Nykyisessä systeemissä molemmat loppukokoonpanot noutavat kaikki instrumentointiliittimet varastosta. Tulevassa ratkaisussa liittimien pääasiallinen sijoittuminen on päävarastossa ja kokoonpanoa tukeva varastointi pienyhdistelmäkokoonpanoalueella *streameihin* sijoitettuisissa yleisvaunuissa.

Tuotenimikkeinä liittimien kategoriaan kuuluvat: suoratliittimet, kulmaliittimet, t-haaraliittimet, supistusnipat sekä kaksoisnipat. Pienosanimikkeiden vastaanottoraporttiin aikaväliltä 9/2012 - 9/2013 perustuen jaoteltiin liittimet kulutuskategorioihin, jotka ovat 0 - 300 kpl, 300 - 1 000 kpl sekä yli 1 000 kpl vuodessa. Nimikkeiden lukumääristä jaottelua hyödynnettiin esimerkiksi laatikkokokojen valinnassa sekä kokoonpanoalueelle sijoitettavien nimikkeiden valinnassa. Tuotenimikekirjo on todella laaja ja pelkästään liittimillä erilaisia nimikkeitä on yhteensä yli 180.

4.2.2 Putkitusosat

Toinen suuri ongelmia aiheuttava kategoria nykyisessä prosessissa ovat putkitusosat. Asentajat ovat tehneet putkitus- ja liitinvalinnat aikaisemmin vasta kokoonpanovaiheessa. Instrumen-

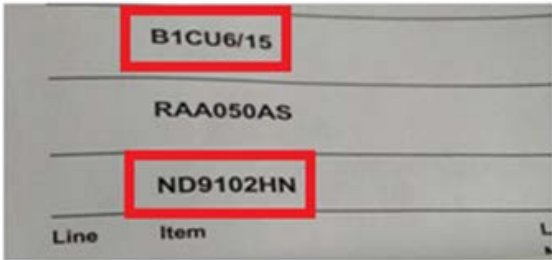
tointiputkitukset tehdään töille valmisputkista, tai itse katkaisemalla ja taivuttamalla suorista putken pätkistä. Valmisputkitukset tarkoittavat tietyille toimilaittekokoluokille soveltuvia putkisettejä, jotka on leikattu oikean mittaisiksi, taivutettu valmiiksi ja pussitettu.

Projektin loppuvaiheessa tuli esille mahdollisuus valmisputkia sisältävien keräysten sijoittamisesta kokonaan kerättäväksi keräilyvaiheessa. Keräilijöiden kouluttaminen keräämään valmisputket sisältävät keräykset helpottaa huomattavasti prosessin kulkua näiden töiden osalta, koska tämä tuo tilansäästöä kokoonpanoalueelle ja keräykset ovat valmiimpia tullessaan kokoonpantavaksi.

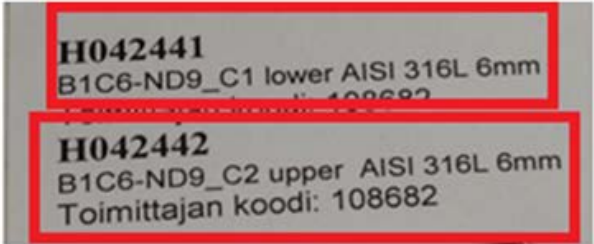
Muun *layout*-suunnittelun kanssa päädyttiin ratkaisuun valmistaa keräilyohje putkituksille.

Keräyskortin ja valmisputkisetin tuotetietoja vertaamalla keräilijät valitsevat töille soveltuvan oikean putkituksen. Kuvassa 5 esitetään esimerkki tuotteen ja keräilykortin yhteneväisyydestä:

Keräilykortissa tiedot toimilaitteesta sekä asennoittimesta:



Kuva esimerkki valmisputkisetin tuotetiedoista:



Kuva 5. Valokuva valmisputkien valintaohjeesta

Järjestys, jota tulee noudattaa putkituksien valinnassa, on seuraava:

- Valmisputket ovat soveltuvia ja kerätään vain yhdistelmiin, joihin tulee vähintään toimilaite (BC 6-13 tai BJ 8-12) + asennoitin, mutta ei magneettiventtiiliä.
- Tarkista putkiliittimien materiaali keräilykortista (esim. AISI 316 tai Cu).
- Tarkista onko keräilykortissa oleva liitin tuumainen vai millinen.
- Varmista toimilaitteen kokoluokka ja asennoittimen tyyppi (esim. BC6 ja ND9).
- BC-putkituksien A-versio tulee yhdistelmille, joissa on *mittariblock*.

Jos valmiita putkisettejä ei voida käyttää työlle, niin vaihtoehtona on taivuttaa ja leikata suorista putkista yhdistelmälle soveltuva putkitus. Eripituiset pitkät putket sijoitetaan omissa hyllyisään yhdistelmäkokoontalon välittömään läheisyyteen.

Putkituksien sekä putkien sijoittamisen suurimpia haasteita on niiden vaatima suuri tilanmäärä. Putkitusosia on käytössä vain pienimmille toimilaittekokoluokille, ja isoilla pisteillä sekä raskaskokoontalonpuolella käytetään vain suoria putkia putkituksien tekemiseen.

Tuotantotehokkain käyttämissuunnitelma putkille ja putkituksille edellyttää, että ensimmäisenä käytetään aina valmiita putkisettejä, mutta jos näitä ei voida soveltaa työlle niin tulisi seuraavana vaihtoehtona käyttöön n. 50 cm pitkät suorat putket ja viimeisenä vaihtoehtona 3 m pitkät suorat putket. Kyseistä käyttöpolkua noudatettaessa pidempien putkien käyttömäärä pienenee ja vastaavasti valmisputkisettien käyttömäärä kasvaa. Tuotannossa käytettävien valmiiden putkituksien käyttö vähentää kokonaistyömäärää, koska huonoimmassa tapauksessa joudutaan 3 m:n putki ensin sahaamaan, puhdistamaan ja sitten vielä taivuttamaan työlle soveltuvaksi. Lisääntyvän työmäärän lisäksi myös hukka pätkien määrä kasvaa.

4.2.3 Instrumentointien kiinnitysosat

Kolmantena päämääränä pienosien suhteen on sijoittaa tuotannon läheisyyteen instrumentointien kiinnittämiseen tarvittavat ruuvit, aluslaatat, mutterit, suotimet, suuntanuolet, virtaussuuntanuolet, valmiit asennussetit sekä kaikki muut asentajien mielestä tarpeelliseksi koetut ja keräyksistä puuttuvat nimikkeet. Lean antaa työntekijöille mahdollisuuden vaikuttaa omaan työskentelyynsä kehittävästi.

Instrumentointien kiinnittämiseen käytettävät pienosat eli ruuvit, aluslaatat ja mutterit sekä muut rajauksen piiriin kuuluvat tuotenimikkeet jaettiin aikaväliltä 9/2012 - 9/2013 tehdyn

pienosanimikkeiden vastaanottoraporttiin mukaisesti kategorioihin: 0 - 1 000 kpl, 1 000 - 3 000 kpl sekä yli 3 000 kpl vuodessa.

4.3 Pienosien määrityksen loppuratkaisu

Viimeisenä pilottihankkeiden avulla hankittujen kokemusten perusteella määritettiin kokoonpanoalueelle sijoitettaviin pienosasermeihin tarvittavat nimikkeet. Nimikkeistö koostui eri materiaalisista instrumentointiliittimistä, supistusnipoista, t-haaraliittimistä, kaksoisnipoista, suotimista. Näiden lisäksi instrumentointiosien kiinnittämistä varten kärryn sisältöön valittiin aluslaattoja, muttereita, valmiita asennusettejä, virtaussuuntanuolia ja erilaisia ruuveja. Suurempien toimilaitetekokoluokkien kokoonpanopisteille sijoitetaan näiden lisäksi myös kannatinrautoja sekä hieman laajempi kattaus erilaisista kiinnitysosista. Pienosanimikkeistä karsittiin pois sellaiset pienosat, joiden vuosikulutus on todella matala ja epävarma. Nämä käsittävät kaikki nimikkeet joiden kulutus vuodessa on alle 100 kpl.

Valmisputkille tehtiin pienosanimikkeiden vastaanottoraporttiin 9/2012 - 9/2013 perusteella karkea kulutuskartoitus ja putkivaunuun oli ajatuksena sijoittaa suurimman volyymin nimikkeet, jotka olisivat kattaneet noin 80 % kaikista putkitusnimikkeistä.

3 m pitkien putkien varastointi säilytettiin vastaavana kuin vanhassa systeemissä eli isoissa putkisermeissä kokoonpanoalueella. 50 cm pitkät helpommin käsiteltävät putket sijoitettiin näiden kahden ison erikoisputkisermin yhteyteen ATO- ja *Special-streamissa*. Jamesbury & Stock-*streamin* kiinteän sermin vapaata tilaa sisältänyt toinen sivusta hyödynnettiin näiden lyhyiden putkien varastointiin.

Kokonaisuudessa nimikkeistö sijoittuu liitinvaunuihin seuraavasti: yhdelle puolelle Swagelokin instrumentointiliittimet ja toiselle muiden valmistajien instrumentointiliittimet. Nippakärryn ensimmäiselle puolelle sijoitetaan supistusnipat, kaksoisnipat, t-haaraliittimet ja suotimet. Nippakärryn toinen puoli sisältää pääasiassa instrumentointien kiinnittämiseen tarvittavia ruuveja, aluslaattoja, muttereita sekä kaikki muut mahdolliset edellä olevien kategorioiden ulkopuolelle jäävät tuotteet. Sijoittelun kannalta kyseinen ratkaisumalli on kaikkein loogisin mm. osien järjestyksen kannalta. Lisäksi asentajat löytävät helpommin ja nopeammin tarvitsemansa pienosat selkeästi osakokonaisuuksittain jaotelluista pienosasermeistä. Nimikekohtainen taulukko on liitteessä 2.

5 Varastointiratkaisumallit sekä pienosien sijoittuminen

5.1 Nykyinen varastointijärjestelmä

Varasto sijaitsee vanhassa mallissa lähellä yhdistelmäkokoonpanoa, minkä ansiosta vaihdettavien osien hakeminen sekä jäljestään puuttuvien instrumentointiosien noutaminen on joustavaa. Kokoonpanolla on ollut käytössä varastossa sijaitsevien instrumentointiosien lisäksi suppea kokoelma kokoonpanoalueella keräyksien osalta puutteellisia osia.

Kommunikaatio keräilyn ja varastohenkilökunnan välillä on nykyisin koettu erittäin hyväksi ja nopeasti toimivaksi. Huonoina puolina prosessissa ovat työturvallisuusriskit työskenneltäessä trukkiliiikenteen seassa, ahtaat hyllyvälit varastossa ja heikko informaation kulku kokoonpanosta varastoon päin, minkä aiheuttaman viiveen takia saattaa erilaisten epäselvien tapausten selvittely muodostua hitaaksi ja hankalaksi prosessiksi toteuttaa. Näihin epäkohtiin vaikuttaminen mahdollisuuksien rajoissa on tämän insinööriyön pyrkimyksenä.

5.2 Leanin soveltaminen Hakkilan tehtaan loppukokoonpanossa

Tehtaan *layout*-projekti jatkaa osaltaan Lean-kehitystä ja pyrkii erityisesti vakioittamaan työnjohtamista, työskentelyä ja tuotantoprosessia. Tuotteiden läpimenoaikojen lyhentäminen prosessissa on keskeisimpiä tavoitteita, joihin myös tämä insinööriyö osaltaan vaikuttaa. [11]

Lean-pohjaista ajattelufilosofiaa jatkuvan kehittämisen kannalta sovelletaan ja yhdistetään toimintaan mm. muutaman kerran viikossa järjestettävien *streamien* sisäisten palaverien avulla, joissa käydään läpi prosessin ongelmakohtia sekä parannusehdotuksia työskentelyn helpottamiseksi. Korjaavien toimenpiteiden suorittaminen näiden perusteella aloitetaan välittömästi ja saatuja tuloksia verrataan lähtötasoon. *Stream*-palavereissa käydään läpi myös erilaisia mitta-areita ja tutkitaan, mitä tavoitteita on saavutettu, missä ja miksi jäätiin jälkeen tavoitteesta. Alusta alkaen pyrittiin huomioimaan tulevat pidentyvät välimatkat asentajien pienosien noutamiseen liittyen, työturvallisuuskysymykset sekä pienosien noutamiseen kuluvan ajan minimoiminen.

Tärkeimmät Lean-menetelmät, jotka sisältyvät tämän insinööriyön aihepiiriin ovat

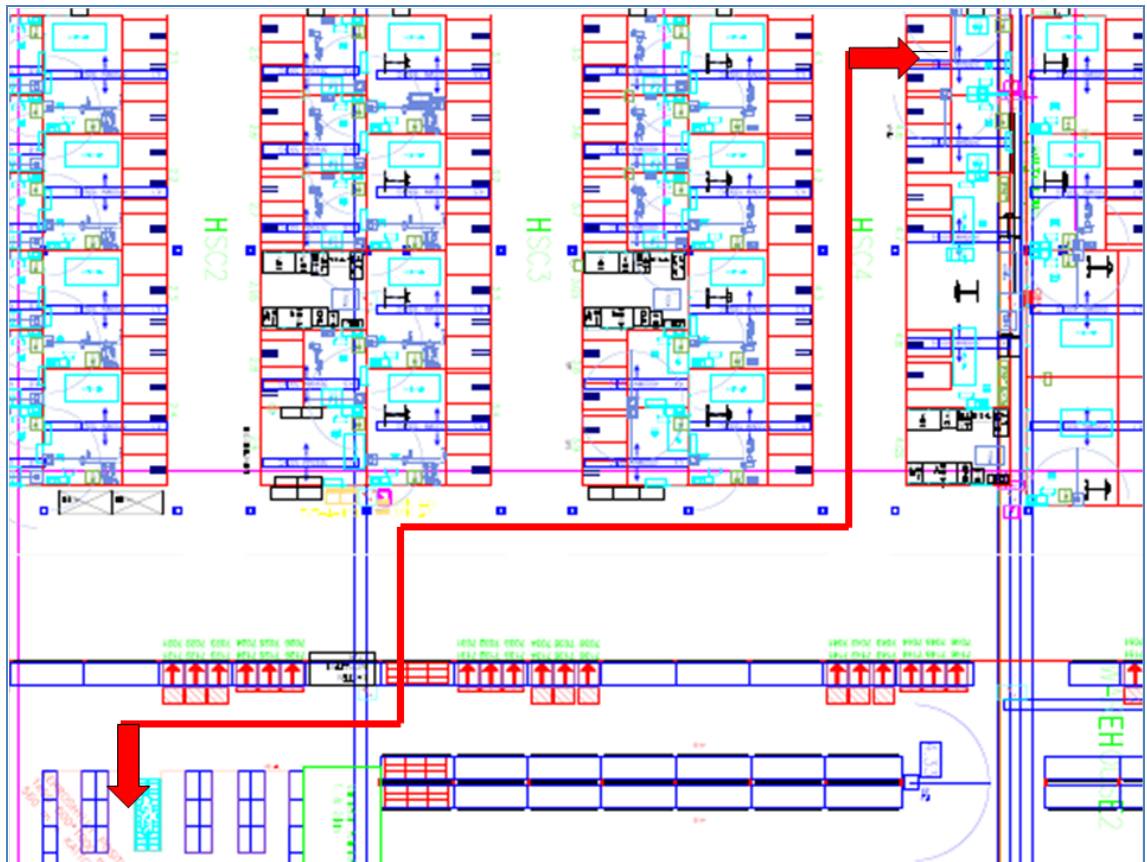
- 5S, siisteys, turvallisuus ja järjestys
- visuaalinen ohjaus
- standardoitu työ
- jatkuva parantaminen, Kaizen
- Kanban. [2.]

5S on tehokas työkalu erityisesti ylläpitämään ja valvomaan saavutettuja tavoitteita. 5S:n hyödyntäminen käytännössä on suuressa roolissa myös tässä insinööriyössä. 5S:n järjestys kohdan soveltaminen laatikkoseinässä tai osasermissä tarkoittaa pienosien sijoittamista systemaattiseen järjestykseen esimerkiksi kokojen mukaan tai, että saman kategorian nimikkeet ovat sijoitettuna lähekkäin. Laatikoiden siisteys tarkoittaa sitä, että tiettyjä osia sisältävässä laatikossa on vain siihen kuuluvia osia eli ei mitään muita osia tai roskia. Lajittelu korostuu siinä, että tarpeellisimmat osat ovat työergonomisuuden kannalta oikealla työtasolla sekä helppoiten ja nopeiten saatavilla.

Ylläpidossa korostuu puhdistus sekä huolto-osio. Laatikostovaunuista huolenpito, niiden jatkuva ohjeiden mukainen täyttäminen sekä käyttäminen tulee vakiinnuttaa toimenpiteet kaikkien prosessissa mukana olevien osalta. Systemaattisen ongelman ratkaisun perustana on se, että kaikki ongelman piirissä työskentelevät osallistuvat ja vaikuttavat omalta osaltaan. Visuaalisella ohjauksella ongelmiin pureutuminen, niiden ratkaiseminen ja tulosten seuraaminen ovat sujuvampaa.

Tuotteiden virtaus- ja läpäisyajat vaikuttavat suoraan tuotannon tehokkuuteen. Erityisesti pienosien sijoittelun tärkeys korostuu tässä, koska lähelle työpisteitä sijoitetut pienosat vähentävät turhaa kävelyä eli hukkaa. Poistamalla turhaa osien noutamiseen kuluva aikaa tuotantoreitit saadaan optimaalisen lyhyiksi ja selkeiksi. Kuvassa 6 näkyvä pienosien noutami-

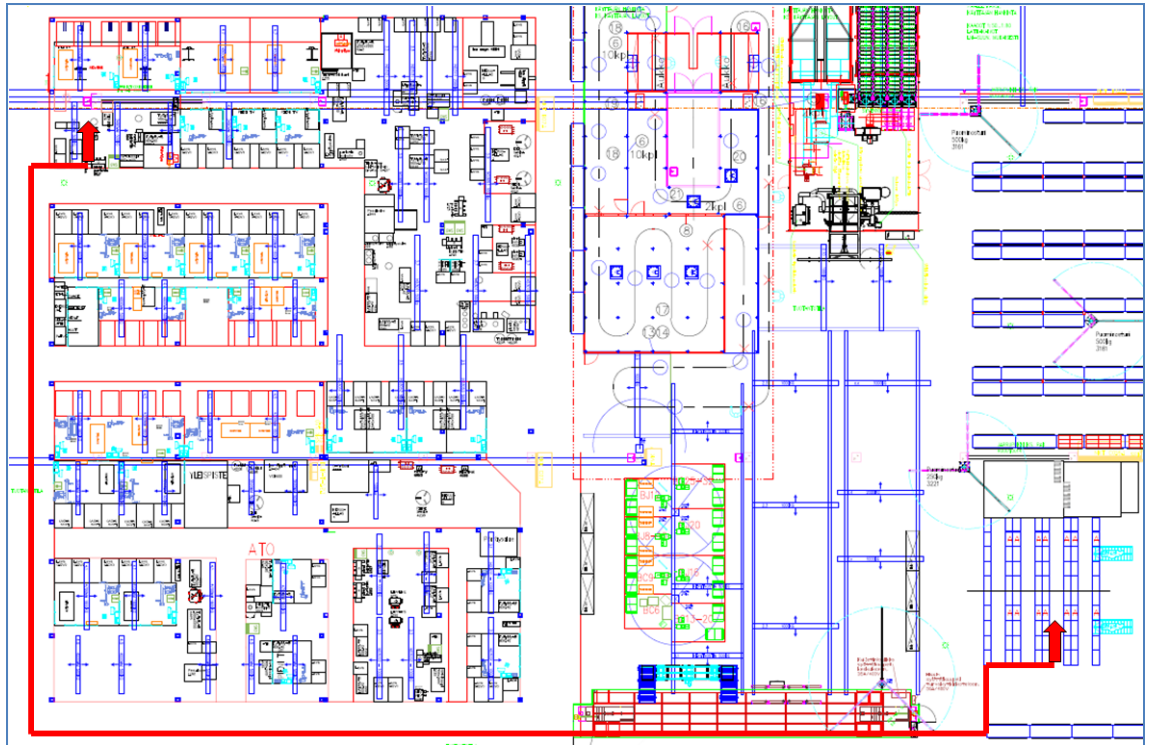
seen liittyvä välimatka vanhassa *layoutissa* kauimmaiselta *special-streamin* työpisteeltä päävarastoon edestakaisin oli n. 160 m. Kävelyaikaa osien noutamiseen kului n. 2 minuuttia.



Kuva 6. Pienosien päävarastosta noutamista havainnollistava kuva vanhasta *layoutista*

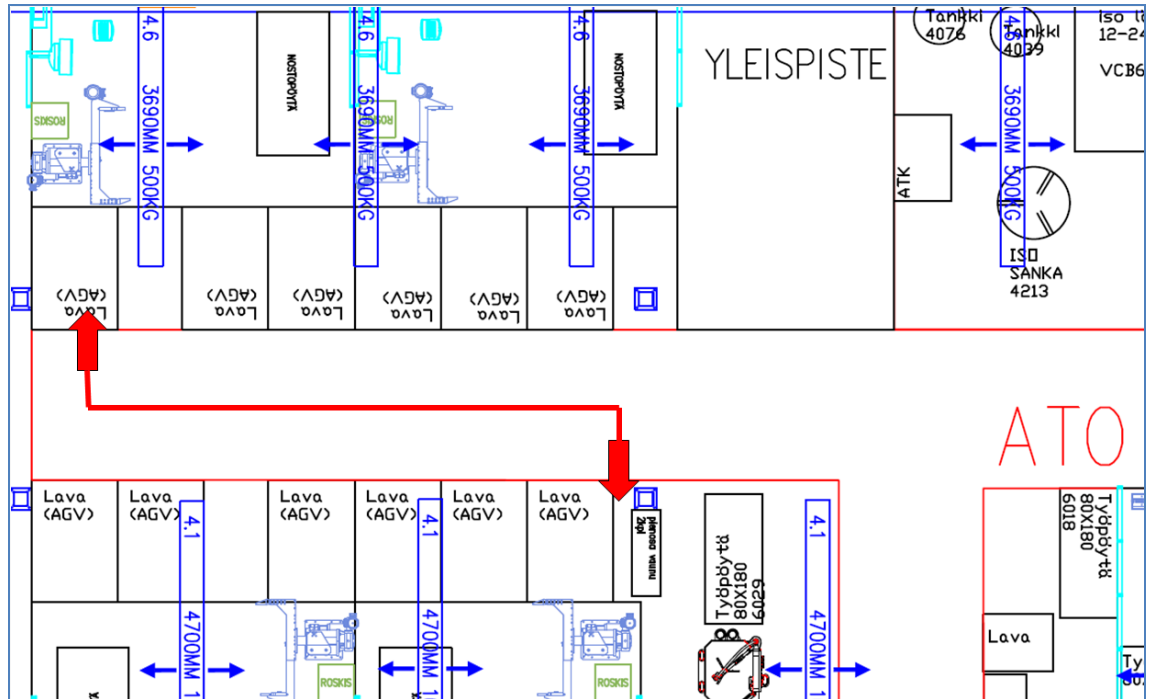
Uuden *layoutin* aiheuttamien muutoksien myötä pienosien noutamiseen *special-streamin* kauimmaiselta työpisteeltä päävarastoon kuluva matka kasvaa 160 metristä 240 metriin kuten kuvassa 7 näkyy. Ja vastaavasti kävelyyn aikaa kuluu nyt 2,5 minuuttia. Jos 50 %:lle kaikista

töistä jouduttaisiin noutamaan pienosia varastosta, aiheuttaisi tämä pitkällä aikavälillä valta-
van määrän hukkaa.



Kuva 7. Pienosan noutaminen päävarastosta uudessa *layoutissa*

Kuvassa 8 näkyvä välimatka *streamin* toisesta päästä pienosasermilille on n. 10 m. Jos 90 % tois-
tä pystytään kokoonpanemaan pienosasermin nimikkeistön avulla vähenevät osastojärjesteli-
jän tekemät pienosien noudot päävarastosta kehityksen myötä entisestään.



Kuva 8. Osan noutaminen *streamin* pienosasermistä

5.3 Pienosasermeille toteutetut pilottihankkeet

Stream-kohtaisten sermien nimikkeistön karkeaa suunnittelua varten otettiin projektin aikana käyttöön viikon mittainen pilottihanke ATO-*streamissa*, jossa karkealla kulutukseen perustuval-
la arviolla sekä asentajien näkemyksien perusteella määritettiin pilottisermin nimikkeet ja ru-
vettiin keräämään asentajilta sekä työnjohdolta palautetta sen toimivuudesta sekä nimikkeistä,
jotka olisi tarpeen lisätä vaunuun.

Pilottihanke koettiin tärkeäksi ja hyväksi saada käyntiin mahdollisimman nopeasti projektin
aikana, jotta sermin kehitys ja muokkaus saatiin myös käyntiin viipymättä. Pilottikäräry koottiin
vanhan käytössä olleen käräryn nimikkeistön pohjalta. Vanha, käytössä jo ollut käräry oli koettu
asentajien mielestä hyväksi, joskin nimikkeistön osalta liian suppeaksi.

PDCA-kierron mukaisesti tehtiin ensimmäiselle pilottihankkeelle suunnitelma. Suunnitelma toteutettiin ATO-*streamissa* vaiheittain:

- Suunniteltiin kehityskohde pienosasermile eli valittiin alustava nimikkeistö.
- Otettiin käyttöön kyseinen pilottihanke eli muokattu vanhan pienosakärryn pohja.
- Arvio hankkeesta oli, että kokeilu oli onnistunut ja auttoi muokkaamaan tulevaa.
- Toteutus: Muutokset sermin nimikkeistöön tehtiin saadun palautteen perusteella.
- Sermin kehittäminen pienosien osalta jatkuu myös tulevaisuudessa.

Kärryn sivuun kiinnitettiin lista ohjeistuksen kera, jonka avulla kerättiin tietoa kärryn ulkopuolisista nimikkeistä ja näiden kulumistiheydestä. Pilottihankkeen perusteella oli tarkoitus hankkia tietoa myös isojen sekä pienten kokoonpanopisteiden vaatimista eri kokoisista pienosista ja näistä koostettujen tietojen pohjalta jakaa pienosasermit tarpeen mukaan luokitukseltaan isoihin ja pieniin. Isojen ja pienten pisteiden erottelu tulevaa varten oli tärkeää, jotta molemmilla pisteillä olisi käytössä laaja ja monipuolinen kokoelma heti muutoksen tultua voimaan fyysisesti. Tehdyssä pilottihankkeessa eivät olleet mukana valmisputkitukset johtuen niiden sijoittamisen vaatimasta tilan määrästä.

Pilottihankkeen jälkeen asentajilta kyseltiin mahdollisia puutteita nimikkeistössä. Tietojen perusteella pienosavaunuun lisättiin muutama nimike ja turhia vastaavasti poistettiin. Saatujen tulosten luotettavuuden varmistaa se, että kaikki toimivat yhteisten ennalta sovittujen metodien ja pelisääntöjen mukaisesti eli merkkäavat kaikki noutamansa tuotteet ja tuotteiden lukumäärät ylös.

Toinen projektin aikana toteutettu pilottihanke toteutettiin Jamesbury-*streamille*. Tämän pilotin aikana asentajat merkitsivät ylös paperille viikon ajan kaikki varastosta noutamansa nimikkeet ja kappalemäärät ylös. Saatujen tulosten yhteenvetona lopullisella esitetyllä nimikkeistöllä pystyttiin kattamaan 91 % kaikista töistä. Ennen projektia vastaava luku oli alle 50 % kaikista töistä.

5.4 Vaihtoehtoja varastointiratkaisulle

Projektin alkuvaiheessa hahmoteltaessa mahdollisia soveltuvia varastointiratkaisuja pääkohteena oli sijoittaa keskeiselle sijainnille yhdistelmäkokoonpanoalueelle laaja kokonaisuus kaikkia kokoonpanossa tarvittavia ja keräyslistoissa puutteellisena olevia pienosia. Tällä ratkaisulla

olisi pyritty poistamaan kokonaan liikenne kokoonpanosta päävarastoon. Suuremman varastointikokonaisuuden lisäksi olisi yksittäisten työpisteiden tai työpistesolujen viereen sijoitettu kaikista yleisimmät vastaavista osista. Kokoonpanoalueelle sijoitettava malli olisi laitettu kaksi laatikko-järjestelmän piiriin ja alihankkijat olisivat toteuttaneet varaston täyttökierron näille osille suoraan ilman, että tehtaan sisäisen logistiikan olisi pitänyt toimia.

Muina mahdollisina varastointiratkaisuehdotelmina esiin nousivat myös pienosien varastoiminen *paternoster*-varastoautomaattiin tai läpivirtaushyllyihin. *Paternoster*-varastoautomaatilla toteutetun ratkaisun huonoina puolina ovat kuitenkin pitkien huoltoaikojen sekä osien noutamisesta aiheutuvien ruuhkien syntyminen, jotka osaltaan hidastaisivat tuotantoprosessia merkittävästi verrattuna kaksi laatikko-järjestelmään. Hyvänä puolena *paternoster*-varastoautomaatilla on merkittävä lattiatilan säästö verrattaessa läpivirtaus- tai avohyllyihin. Jaoteltuna tämä varastointimalli olisi pitänyt sisällään päävaraston, kokoonpanoalueella sijaitsevan yleisvaraston sekä solukohtaiset pienosasermit.

5.5 Kanban-laatikkotäydennysratkaisu

Nykyisin Hakkilan tehtaalla käytössä oleva sovellus Kanban-laatikkotäydennysysteemeistä käsittää 3 tai enemmän erillistä laatikkoa, joissa tuotteita varastoidaan. Tehtaalla näistä sijaitsee vähintään kaksi, joista yhden tyhjentyessä laitetaan tämä tyhjenlaatikoiden-keräyspisteeseen, josta tavarantoimittaja noutaa ja täyttää ne. Toimittajalla itsellään on omassa varastossaan valmiina täysiä vastaavien tuotteiden täydennyslaatikoita.

Kyseistä täyttösystemiä on pyritty tehostamaan ja yksinkertaistamaan asentamalla varastoon RFID-tarran lukulaite. Lukulaitteeseen luetaan tyhjän laatikon yhteydessä oleva tarra. Tästä lähtee tilaus suoraan toimittajalle. Tiheän täyttösyklin ansiosta tavaraa riittää lähes aina kokoonpanoon. Jotta kyseinen täyttösystemi toimii, edellyttää se sitä, että laatikot tyhjenevät järjestyksessä. Yleisesti määriteltyjen ohjeiden noudattaminen sekä kouluttaminen kaikkien osapuolien osalta varmistaa tuotantoprosessiketjun sujuvuuden.

Sermien auditointi toimii vastaavasti, kuin missä tahansa muussa 5S:n piiriin kuuluvassa tarkastelupisteessä. Seurannan avulla pystytään vaikuttamaan tehokkaasti mahdollisiin ongelmakohtiin ja kehittämään prosessin heikompia puolia. Ennen projektia ja vanhalla nimikkeistöllä pystyttiin töistä kattamaan huonoimmillaan alle puolet. Tulevan mallin avulla pyritään siihen, että

yli 90 % kaikista töistä pystytään kokoonpanemaan ilman, että osastojärjestelijän täytyy nou-
taa päävarastosta mitään.

5.6 Varastoitavien osien lukumäärät ja laatikkokokojen mitoitus

Kokoonpanoalueen laatikoihin sijoitettavien osien lukumäärät määritettiin pienosanimikkeiden
vastaanottoraportin 9/2012 - 9/2013 perusteella sekä kuukausikohtaisia kulutuspiikkejä huo-
mioiden. Osamäärät on saatava mitoitettua mahdollisimman tarkasti oikein, jotta pienosien
loppumisen riski yhdistelmäkokoonpanolta olisi tältä osin minimoitu.

Päävarastossa laatikkokohtaiset lukumäärät kaikista pienimmän kulutuksen omaaville nimik-
keillä tulevat olemaan kaksi laatikko-järjestelmän piirissä n. 5 + 5 kpl. Näille osille on helppo
valita myös pienemmät säilytyslaatikot. Toisaalta liian pieneksi lähtökohtaisesti mitoitettut laa-
tikot muodostuvat helposti ongelmalliseksi vaihtaa tulevaisuudessa, jos kyseisten nimikkeiden
kappalemääriä joudutaan kasvattamaan kulutuksen kasvaessa.

Suurimman kulutuksen omaavia tuotenimikkeitä kuluu jopa n. 6 000 kpl vuodessa. Toimittajan
täyttötiheyden ollessa kerran viikossa on kerrallaan päävarastoon varastoitava puskuri viikon
aikavälille kulutuspiikit huomioiden oltava vähintään 400 kpl. Todella suuren kulutuksen omaa-
villa tuotteilla varastoitavien osien lukumäärä ei vaikuta varastoarvon kasvuun suuresti, koska
niiden varastokierto on erittäin nopea. Sen sijaan epävarmemman kulutusarvion omaavissa
tuotteissa varastoitavat lukumäärät voivat muodostua ongelmalliseksi varastoarvon kasvaessa
suureksi.

Tämän lisäksi kyseistä nimikettä varastoidaan maksimissaan jokaisessa *stream*-kohtaisessa
pisteessä n. 10 - 50 kpl. Päävaraston kapasiteetin pitäisi ääritapauksessa pystyä kattamaan
sekä viikottaisen kulutuksen, että kaikkien *stream*-kohtaisten sermien täydennyksen samalla
hetkellä. Yksittäisen pienosanimikkeen kuitenkin loppuessa yhdeltä pisteeltä voidaan sitä tie-
tenkin hätätapauksessa lainata *streamin* sisäisesti tai jopa toiselta *streamilta*. Sermeihin sijo-
itettiin isoja sekä pienempiä laatikoita kuvan 9 (ks. s. 29) mukaisesti. Isompiin laatikoihin sijo-
itettiin suurimman kulutuksen eli yli 1 000 kpl. vuodessa omaavat liittimet ja nipat, jotta niitä ei
tarvitsisi täyttää niin usein.

5.7 Loppuratkaisu pienosien varastoinnille & stream-kohtainen suunnittelu

Pienosien tarkemman sijoituksen lähemmäs työpisteitä määrittää kyseisillä työpisteillä kokoonpantavien yhdistelmien toimilaitekokoluokka sekä *streamien* eroavaisuudet. *Layout*-projektin edetessä saatiin tarkentuneet lopulliset *stream*-kohtaiset vaatimukset ja tarpeet määritettyä kaikille kolmelle *streamille*.

ATO eli Assemble To Order -*streamissa* jaottelu tehtiin jakamalla *stream* kahtia neljään isoon sekä neljään pieneen loppukokoonpanopisteeseen. Isojen pisteiden vaatimusten mukaan kaikkia neljää työpistettä palvelemaan sijoitettiin liitin- ja nippakärryt. Näiden lisäksi isot pisteet saivat lähelleen pitkien putkien varastointipisteen, joka siirrettiin sellaisenaan vanhasta mallista. Pienten pisteiden yhteyteen sijoitettiin nimikkeistöltään lähes vastaavat liitin- ja nippakärryt kuin isollakin puolella. Erottavana tekijänä nimikkeistöissä isoilla ja pienillä pisteillä ovat lähinnä suurimmat kokoluokat liittimissä, nipoissa ja kiinnitystuotteissa. *Streamin* sisällä osien noutamiseen kuluvat pitkät matkat olisivat aiheuttaneet turhaan työturvallisuusriskejä kuten käytävien ylityksiä sekä trukkiliikenteen seassa pyörimistä. Tästä johtuen päätettiin molemmille puolille sijoittaa erikseen lähes identtinen nimikkeistö.

Special-*streamin* tarpeiden kartoituksen jälkeen tarve oli liitin- sekä nippakärryjen osalta sama kuin ATO:ssa. Special-*streamissa* tilanpuutteen takia oli kuitenkin mahdollista sijoittaa *streamin* sisälle vain yksi kokonaisuus kyseisiä osia, jolla palvellaan sekä isoja että pieniä pisteitä. Näiden lisäksi vanha pitkien putkien hyllykkö haluttiin säilyttää ja siirtää sellaisenaan uuteen *layoutiin*.

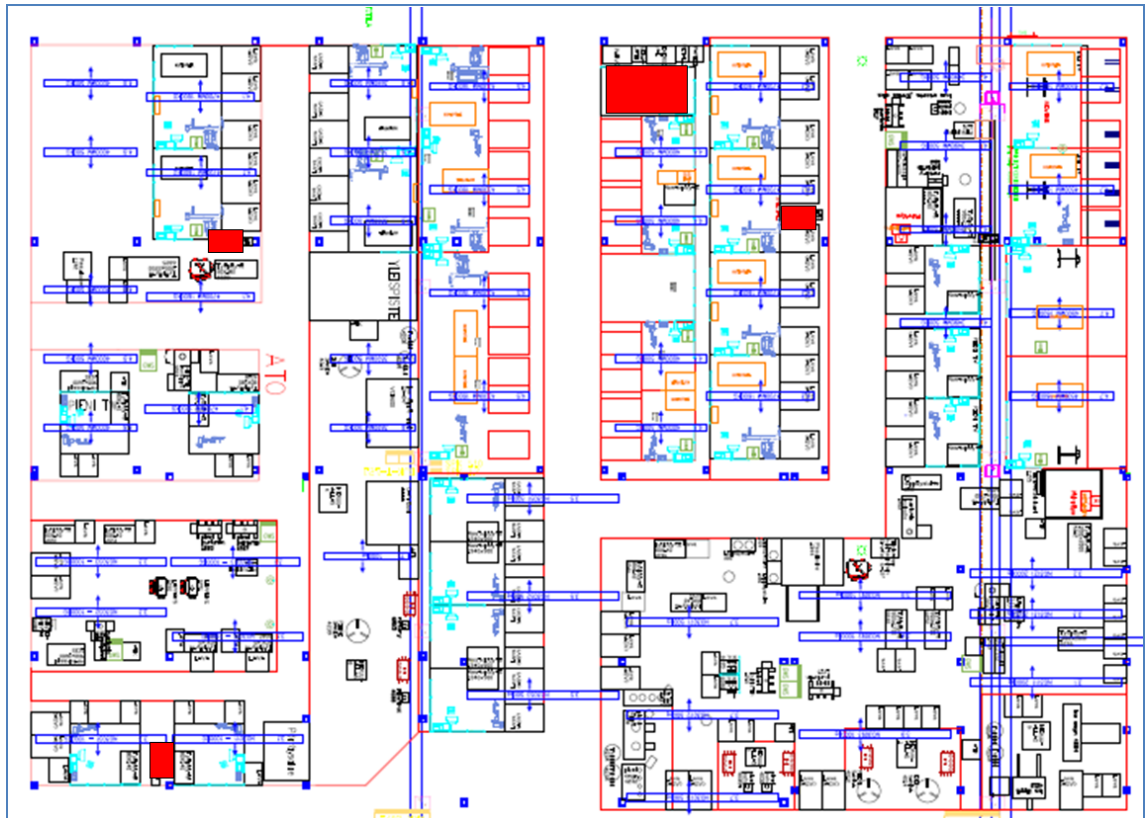
Jamesbury & Stock -*stream* koki itselleen parhaaksi ratkaisuksi sijoittaa vastaavat instrumentteihin tarvittavat osat kiinteään seinäsermistöön. Lajitteluna osakokonaisuudet olivat hyvinkin samanlaisia muihin *streameihin* verrattuna, ja nimikkeistö sisälsi vastaavat osakokonaisuudet eli liittimet sekä nipat. Suurinpana erona muihin *streameihin* Jamesbury-yhdistelmät vaativat näiden lisäksi myös pienen kokoelman sinkistä tehtyjä aluslaattoja sekä ruuveja.

Toteutuksena ATO-*streamiin* hankittiin kuvassa 9 näkyvät kaksi uutta vastaavaa vaunua kuin aikaisemmat ja tämän lisäksi *stream* hyödynsi kaksi vanhaa vaunuaan. Special-*stream* piti itsellään oman vanhan vaunun ja sai Jamesbury-*streamilta* ylimääräiseksi jääneen tuotantoaan tukemaan. Jamesburylle toteutettu kiinteä sermistöseinä muokattiin vanhoista kokoonpanosermeistä ja siihen kiinnitettiin uutena hankitut laatikkolistat sekä muovilaatikot. Kaikki pienosasermeihin liittyvät hankinnat tehtiin Intolog Oy:ltä.



Kuva 9. Pienosasermit valmiina tuotannossa

Muovilaatikoihin tulostettiin tarrat, joissa kerrotaan kyseisen laatikon sisällöstä tuotteen nimi ja kuvaus, numero sekä varastopaikka. Kuvassa 10 näkyy punaisella merkittynä kaikki pienosasermit tuotantoon sijoitettuina. Niiden tehtävänä on palvella *streameja* mahdollisimman hyvältä sijainnilta, jotta pienosien nouto olisi sujuvaa ja nopeaa.



Kuva 10. Pienosien varastointipisteet uudessa *layoutissa*

6 Pienosien täydennysratkaisu & RFID-tekniikan laajentaminen

6.1 Tavarankäytön nykyinen täydennysjärjestelmä ja saapuvan tavarankäytön logistiikka

Nykyisessä järjestelmässä tavarat saapuvat vastaanottoon, mistä ne ohjataan edelleen eteenpäin varastoon. Kaksi laatikko-järjestelmän parissa olevat nimikkeet tavarantoimittajat käyvät itse

täydentämässä suoraan varastossa pari kertaa viikossa. Näistä tuotteista tehtaansisäisen logistiikan ei tarvitse siis huolehtia. Kaksi laatikko-järjestelmän parissa olevat tuotteet on pyritty merkitsemään hyvin, jotta kaikille niiden parissa työskenteleville olisi selvää, minkä täyttösysteemiin piiriin ne kuuluvat. Erilaisten täyttösysteemien lähekkäin oleminen saattaa aiheuttaa sekaannuksia esimerkiksi uusien työntekijöiden parissa. Täten täyttösysteemien käytön pitäisi olla hyvin selkeästi ohjeistettua ja tietyn systeemin piiriin kuuluvat laatikot selkeästi merkittyjä.

6.2 RFID-tekniikan hyödyntäminen pienosilla

RFID-tilaussysteemin pienosille soveltuminen on perusteltavaa sillä, että suurikulutuksisien osien hallinta on helpompaa, tilauserät ovat suuria ja varastoarvo suhteellisen pieni. Täyttösysteemi sopii erityisesti osille, joiden kulutusta on mahdotonta päätellä järjestelmästä johtuen vaikeudesta suunnitella rakenteita tarkasti. Reaaliaikaista varastoitua määrää on vaikea määrittää ilman silmämääräistä tarkistusta tai tarkkaa laskentaa. Osien, joiden määrä mitataan esimerkiksi pituudessa, pitäminen ja laittaminen RFID:n pariin on myös hyödyllistä. Virhe todellisen- ja järjestelmätiedon välillä kasvaa työstettäessä putkia, koska putkista jää hukkapätkiä ja lisäksi työkorteille määritellyt pituudet eivät aina vastaa fyysistä todellisuutta. Saavutettujen etujen suurimpia vaikutuksia prosessin eri osa-alueisiin ovat esimerkiksi tuotannon kannalta tavarantoimituksen riittäminen, varastossa saldojen paikkansa pitävyys ja keräilyssä keskeneräisten keräilyjen vähentyminen.

Suuntauksena on laittaa mahdollisimman useita suurivolyymisia nimikkeitä RFID:n piiriin. Tällä vähennetään ostotilausten manuaalista lähettämistä, valvontaa sekä yksinkertaistetaan tilaus-toimitusketjua. Hakkilan tehtaalla varastologistiikassa käytetyt RFID-tunnisteet ovat suljetussa ketjussa eli samoja tunnisteita käytetään samassa paikassa aina uudelleen.

6.3 Stream-kohtaisten pienosavarastojen täydennys

Alkuperäisenä visiona oli pienosien pääsijoittaminen kokoonpanoalueelle varastoituna ja täydennyksien noudattaminen suhteellisen läheltä. Tämä oli tarkoitus toteuttaa RFID-tilaussysteemin avulla kaksi laatikkotäytönä kaikille kokoonpanoalueen nimikkeille. Tyhjentyneet laatikot olisi luettu RFID-lukijaan ja kerätty fyysisesti yhteen pisteeseen, josta toimittaja olisi ne noutanut ja palauttanut tilalle täytettyinä vahvistettujen tilausten mukaisesti. RFID:n

avulla toteutettuna olisi tällä mallilla tavaran tilaamisesta tehty yksinkertaista ja osien riittävyys varmistettu.

Toisena täydennysratkaisuna oli palvelumalli, jossa varastosta nimetty henkilö olisi hoitanut täydennyksiä kokoonpanoalueella sijaitseville varastoinneille. Osien riittävyyden seurannassa pelkästään silmämääräisyys ei ole resurssien käytön osalta tehokasta eikä luotettavaa. Automaattiset tilaus-toimitusketjun osat yksinkertaistavat ja nopeuttavat erityisesti tiedon kulkua.

Tilanpuutteen takia jouduttiin varastointia kuitenkin yksinkertaistamaan ja näin myös pienentämään käytettävissä olevan varastointitilan määrää huomattavasti. Lopullinen valittu ratkaisumalli, jossa yleisvarasto ei ollut mukana vaan varastointi toteutettiin päävaraston ja kokoonpanoalueen omilla *stream*-kohtaisilla pienosavaunuilla, joihin täydennyksen hoitavat osastojärjestelijät.

6.4 Osastojärjestelijät

Uudessa mallissa yhdistelmäkokoonpanoalueella sijaitsevien pienosakärryjen sekä sermien täydennyksestä vastaavat jokaisessa *streamissa* nimetyt osastojärjestelijät. Sermien täydennyksen yhteydessä suoritetaan myös muita ylläpidon kannalta tärkeitä toimia, kuten esimerkiksi havaittujen puutteiden ylöskirjaamista ja jatkuvaa parannusta laatikkokokojen optimoimiseksi. Vastaaminen pienosien riittävyydestä yhdistelmäkokoonpanolle on vain yksi osastojärjestelijän monista työtehtävistä.

6.5 Täyttöprosessista huolehtiminen

Täyttöprosessissa mahdollisesti ilmeneviä ongelmia ovat liian pienistä turvarajoista johtuvat osien tilapäiset loppumiset. Ongelmiin puuttuminen välittömästi on tärkeää, jotta kyseisellä nimikkeellä ei vastaavaa enää pääse tapahtumaan. Toinen mahdollinen ongelmakohta tulee esiin inhimillisenä virheenä, jos tyhjiä pienosalaatikoita ei toimiteta eteenpäin johtuen esimerkiksi puutteellisesta ohjeistuksesta kyseistä toimintamallia kohtaan.

Toimittajien tuotteiden toimitusvarmuus ajallaan on hyvää luokkaa eli n. 90 %, mutta se sisältää silti pienen riskin tavaran riittävyteen siinä tapauksessa, että tuote loppuisi tehtaaltakin ennen seuraavaa mahdollista täydennystä.

6.6 Pienosahyllyjen ylläpito

6.6.1 Pienosahyllyjen yleissiisteys

Yleissiisteystestä huolehtiminen edistää sitä, että pienosat pysyvät omilla paikoillaan eivätkä sekoitu toisiin vastaaviin tuotteisiin. Kaoottinen ja epäselvä laatikosto ei palvele ketään. Huolehtimalla siisteystestä vähennetään myös syntyvää hävikkiä, kun ehjiä tunnistamattomia osia joudutaan heittämään pois. Tyhjien pakkauslaatikoiden roskeen siivoaminen osaltaan parantaa varaston selkeyttä sekä nostaa yleisilmettä.

Pienosien kerääntymistä työpisteille on erityisesti valvottava, jotta osat eivät pääse loppumaan sen takia, että joku olisi kerännyt itselleen oman täysin tarpeettoman puskurin. Rikkinäisille osille on järjestettävä asianmukainen kierrätys- ja keräyspiste, jotta ne eivät sekoitu ehjiin käyttökelpoisiin osiin tai jää pyörimään kokoonpanoalueelle. *Streameissa* sijaitseville sermeille on tehtävä toistuvasti auditointeja ja valvottava, että ennalta sovittuja yhteisiä sääntöjä noudatetaan. Auditoinneista vastaavat streamien työnjohtajat ja he käyvät auditointi tuloksia läpi yhdessä asentajien kanssa.

6.6.2 Pienosien riittävyys

Lean-toimintamalliin pohjautuvalla visuaalisella valvonnalla pyritään minimoimaan riski tuotteiden loppumisesta yhdistelmäkokoonpanolta. Visuaalista valvontaa voivat toteuttaa kaikki kokoonpanonvarastointialueella liikkuvat henkilöt. Tuotteiden loppumisesta tai nimikkeistön ulkopuolella olevista tuotteista ja niiden täytöistä sekä noudoista voidaan esimerkiksi piirtää visuaalinen karttakuva, josta nähdään yleisimmät ongelmia aiheuttavat tuotenimikkeet. Yksinkertaiset ja selkeät ongelmien esitystavat helpottavat ongelmien hahmottamista ja nopeuttavat niiden ratkaisemista. [3.]

Tyhjiä laatikoita huomatessa täytyy täydennysprosessi saada välittömästi liikkeelle. Ongelmiin puuttuminen ja korjaavien toimenpiteiden tekeminen heti niiden havaitsemisen jälkeen johtaa

parempiin tuloksiin tulevaisuudessa. Auditoinnissa on syytä kiinnittää huomiota erityisesti osien riittävyteen, osien järjestyksessä pysymiseen, täytön toimivuuteen sekä täyttäjien vaatimaan aikamäärään.

7 Jatkokehitysmahdollisuudet

Tämän insinööriyön perusteella havaittiin, että tutkittujen ja ratkaistujen asioiden lisäksi olisi hyödyllistä tutkia ja kehittää myös muita kohteita.

7.1 Varastointiratkaisun kehitettävyyys

Varastointiratkaisun kehitystä varten itse hyllyille ja sermeille jätetään kasvuvaraa noin 25 %, jotta uusien nimikkeiden sijoittaminen loogisesti oikeisiin kohtiin on mahdollista. Tyhjät paikat keskellä laatikkohyllystää loisivat mahdollisuuden kasvattaa laatikoiden kappalemääriä tuotenimikkeillä helposti sekä antaisivat mahdollisuuden lisätä samojen tai lähellä olevien kokoluokkien vastaavia tuotteita. *Stream*-kohtaisten sermien valinnassa parhaana ratkaisuna esiintyvät pyörillä seisovat laatikkovaunut, joita voidaan halutessaan siirrellä ympäriinsä *streamien* sisällä. Vaunumallisiin laatikkoseiniin voidaan tarpeen mukaan lisätä listoja uusille tasoille ja näihin sijoittaa lisää laatikoita. Nykyisin käytössä olevien vaunujen listajakoa on myös mahdollista tiivistää ja lisätä siten varastoitavaa nimikekapasiteettia *streameissa*.

Raskaspuolen varastoinnin kehitykseen on syytä panostaa tulevaisuudessa. Raskaspuolen varastointi on nykyisin toteutettu heidän omilla laatikostohyllyillään ja vetolaatikoilla, missä säilytetään vastaavia instrumentointiosia joita tämä insinööriyö käsittelee. Ongelmalliseksi muodostuu esimerkiksi se, että varastoitujen tuotteiden määrästä ei ole minkäänlaista tietoa. Ongelman pääsyyinä on tilanpuute, joka estää paremman varastoinnin toteuttamisen. Pienosien varastoinnille ja täydennykselle tulisi suunnitella yhtenevä toimintamalli. Raskaskokoluokkaan kuuluvien tuotteiden varastopaikan merkitseminen raskaskokoonpano-alueeksi auttaisi logistiikkaa toimittamaan sinne kuuluvat tavarat suoraan raskaspuolelle. Tällä vältettäisiin kyseisten osien turha pyörittäminen ensin pienyhdistelmäkokoonpanon yleisvarastoon ja sieltä edelleen raskaspuolelle. Tällä menetelmällä saadaan myös varastointitilan säästöä pienyhdistelmäpuolelle.

7.2 Putkituksien varastointi päävarastossa

Putkitusosien riittävyyden varmistamiseksi tulisi koukuissa roikkuvien putkituksien väleihin sijoittaa hälytyskortit kertomaan tilaustarpeesta. Hälytyskortin ilmestyessä esiin, se luetaan RFID-lukijaan ja asetetaan muovitaskuun odottamaan saapuvaa putkitustäydennystä. Täydennyksen saapuessa sijoitetaan hälytyskortti jälleen koukkuun oikeaan kohtaan. Tällä menetelmällä luodaan turvarajat myös putkituksille ja varmistetaan niiden riittävyys automatiikan avustuksella.

7.3 Nimikkeistön muokkaaminen ja pienosaluettelo

Heti uuden mallin käyttöönoton jälkeen ruvetaan keräämään tietoa täyttötiheydestä, eli kuinka usein minkäkin nimikkeen laatikko joudutaan täyttämään varastosta, myös ylimääräisten noudettavien pienosien lukumäärät ja nimikkeet tulee kerätä talteen.

Nimikkeistön muokkaustarvetta varten kokoonpanoalueelle pienosavarastointien yhteyteen sijoitetaan paperilista, johon asentajat voivat kirjoittaa toiveita liittyen osakokonaisuuksiin, osamäärien muuttamiseen sekä uusien tarpeellisten nimikkeiden tuomiseen lähettyville. Paperilistaa tukemaan nimikkeistön optimointia varten tulee myös työnjohdon, osastojärjestelijöiden ja asentajien olla vuorovaikutuksessa keskenään. Tähän soveltuvat parhaiten jo käytössä olevat muutaman kerran viikossa järjestettävät *streamien* sisäiset QDIP-palaverit, joissa käydään läpi prosessin ongelmakohtia sekä parannusehdotuksia työskentelyn helpottamiseksi. Parhaat ideat tuotannon kehittämiseksi tulevat kuitenkin sieltä, missä työtä fyysisesti tehdään. Näiden kahden menetelmän yhdistämisellä saadaan paras kehityssuuntaus pienosien varastoinnin optimoimiselle. Logistiikka vastaa tulevaisuudessa pienosien nimikkeistön kehittämisestä.

Projektin aikana kehittyi idea osaluettelosta, jossa olisi kuva, kuvaus sekä varastopaikka jokaiselle kokoonpanovarastointinimikkeistön ulkopuolelle jäävälle tuotteelle. Osaluettelon avulla asentajat voisivat suoraan osoittaa, minkä osan he tarvitsevat päävarastosta. Ja osastojärjestelijä voisi noutaa ne nopeammin. Osaluettelon avulla pystyttäisiin pureutumaan ongelmaan, joka syntyy, kun erilaisia nimikkeitä ja pienosatuotevariaatioita on todella paljon ja niiden määrä tulee myös tulevaisuudessa vain kasvamaan. Osaluettelon avulla minimoitaisiin mahdolliset

kommunikaatio-ongelmat ja saataisiin todennäköisemmin oikea tuote ensimmäisellä noutokerralla.

7.4 Valmiit pienosapussit

Osapussit ovat tuotannon tehostamisen kannalta tärkeimpiä kehityskohteita. Hyvin suunniteltu ja mahdollisimman isolle osalle töistä soveltuvat liitososapussit vähentävät keräilyssä kuluvaa aikaa sekä yksinkertaistavat keräyksiä. Nykyisin käytössä olevat liitososapussit asennoittimille sekä *mittariblockit* ovat saadun palautteen perusteella palvelleet koko tuotantoprosessissa erinomaisesti.

Uusia valmiiksi koottuja liitososapusseja ehdotuksina voitaisiin kohdistaa tankeille sekä magneettiventtiileille. Suunnittelutyön alla on toimilaite-asennoitin rajapintaan sopiva liitososasetti.

7.5 Keräilyn yksinkertaistaminen

Keräilyn yksinkertaistamiseksi olisi mahdollista jaotella keräily tarkempiin kokonaisuuksiin, jotka voisivat olla esimerkiksi lavakeräily, pienosakeräily sekä kokoonpanoalueelta kerättävät osat. Näiden erittelemisen ja ilmaisemisen keräyslistoilla kertoisivat selkeämmin kaikille, mistä mitkään osat tulee kerätä.

7.6 Putkibaari

Yhtenä kehityskohteena tulevaisuuteen on mahdollisen putkibaarin luominen. Tämä tulisi pitää sisällään valmiiksi katkaistuja eri mittaisia putkia, joita voitaisiin tehokkaammin soveltaa suoraan töille. Tällä saavutettaisiin erityisesti pitkistä putkista syntyvien käyttökelvottomien hukkapätkien määrän pientymistä.

8 Yhteenveto tuloksista ja työn arviointi

8.1 Pienosat

Pienosien lopullisen määrityksen jälkeen muotoutui perusnimikkeistö liitteen 2 mukaiseksi. *Stream*-kohtaisesti nimikkeistöt eroavat toisistaan perusnimikkeistön lisäksi erityisesti sekalaisen pienosien osalta. Kategorioina tuotantoon sijoitettiin 110 nimikettä erilaisia liittimiä sekä noin 70 nimikettä muihin kategorioihin kuuluvia pienosia. Liittimet pitävät sisällään kulmasuora- sekä t-haaraliittimet, että erilaiset nipat. Näiden mahduttaminen pienosavaunuihin ja kiinteään seinäsermiin sujui ongelmitta, ja niihin jäi lisäksi noin 25 % laajennusvaraa.

Projektin aikana Jamesbury-*streamille* toteutetun pilottihankkeen tulosten perusteella onnistuttiin vähentämään työkohtaista pienosien noutamista varastosta 50 %:sta alle 10 %:iin. Lopputulos kuvastaa hyvin projektille asetetun nimikkeistön kattamistavoitteen onnistumista.

Uuden nimikkeistön onnistuneen luomisen perusteena oli hyvä ja kattava osienvastaanottoraportti sekä työntekijöiden vahva tietotaito töille kuluviin ja tuotannon kannalta välttämättömistä pienosista. Vastaavat tekijät tulevat tulevaisuudessa myös vaikuttamaan vahvasti vastaavien projektien onnistumiseen. Tuotannon työntekijöiden palautteen avulla myös jatkokehitys pienosasermeille tulee jatkumaan vahvasti. Pienosasermien nimikkeistön kehittämisestä vastaa jatkossa logistiikka.

8.2 Varastointi ja pienosien täydentäminen

Päävarasto sijaitsee uudessa mallissa noin 150 metrin päässä kauimmista kokoonpanopisteistä ja pitää sisällään tehtaan kaikki tuotenimikkeet. Kokoonpanon tarvitsemat ylimääräiset osat, joita ei *streamien* sermeistä löydy noudetaan päävarastosta ainoastaan osastojärjestelijöiden toimesta. Tällä toimintamallilla pyritään kontrolloimaan haettavia tuotteita paremmin verrattuna vanhaan systeemiin ja samalla pystytään ylläpitämään varastosaldoja entistäkin tarkemmin. Yhtenä päätavoitteena insinööriyössä oli tuotannon tehostamiseksi poistaa kokonaan asentajien tarve liikkua työpisteiltään kauas päävarastoon asti, ja tämä tavoite saavutettiin osastojärjestelijöiden työtehtävien selvittyä.

Osastojärjestelijät yhdessä kokoonpanon pienosasermien kanssa toteuttivat ratkaisun täydennysprosessin tavoitteeseen. Osastojärjestelijöiden, varasto- ja keräilyhenkilöiden sekä asentajien työnkuvien selkeyttämiseksi suunnitteilla on kirjallisten kuvien sekä sääntöjen tuominen kokoonpanon ilmoitustauluille, jotta kaikki työntekijät pystyvät helpommin hahmottamaan eri osapuolien vastuut sekä toimenkuvat. Osastojärjestelijä on uusi toimenkuva, joten tiedon jakaminen vahvistuu kirjallisen ohjeen avulla.

Lopulta yhdessä muun *layout*-suunnittelun kanssa päädyttiin ratkaisuun, jossa kokoonpano-alueella on vain *stream*-kohtaiset pienosavaunut. Niiden täydennys tulee päävarastosta ja täydennyksistä vastaavat osastojärjestelijät. Suurimpana määrittävänä tekijänä tähän varastointiratkaisuun vaikutti tilanpuute yhdistelmäkokoonpanoalueella. Pienosavaunut ovat pienikokoisia, pyörillä liikkuvia, ja niihin mahtuu paljon tavaraa kahdelle puolelle. Suurimpana haasteena laatikkovaunujen osalta tulevaisuudessa on järjestyksen ylläpitäminen niissä. Järjestyksen ylläpitämiseksi työnjohtajat käyvät palaverissa asentajien kanssa läpi tuloksia siitä miten osat ovat pysyneet paikoillaan.

Stream-kohtaiset sermit ovat Ato- ja Special- *streameissa* pyörillä varustettuja vaunuja joihin sijoitettiin tarvittava määrä pienosia oikean kokoisiin laatikoihin. Vastaavien osien sijoittuminen Jamesbury-*streamissa* tapahtuu samoilla osakokonaisuuksilla, mutta kiinteässä seinäsermissä. *Stream*-kohtaisesti osamäärät ovat pienehköjä, ja kaikki erilliset nimikkeet ovat yhdessä omassa laatikossa, joista poikkeuksena vain suuntanuolet.

Raskaskokoonpanon käyttäessä myös samoja pienemmän kokoluokan liittimiä kuin pienpuoli, voidaan niitä helposti täydentää raskaspuolen omiin puskureihin suoraan päävarastosta. Jotta varastointisysteemi päävarastossa olisi toimiva ja tuotanto ei pysähtyisi mahdollisten osapuut- teiden takia, on paras ratkaisu laittaa kaikki kokoonpanossa käytettävät pienosanimikkeet kaksi laatikko-järjestelmän piiriin. Insinööriyössä tuli esille myös muita kehityskohteita päävarastoon liittyen esimerkkinä RFID:n piiriin kuuluvan nimikkeistön laajentamisesta. Päävarastossa osien loogisemman sijoittelun avulla pyritään selkeyttämään ja parantamaan sekä varastointia että keräilyä.

Keräilyn yksinkertaistamiseksi projektin aikana luotiin keräilyohje valmisputkituksille ja tällä ratkaisulla siirrettiin valmisputkituksien keräys asentajilta keräilijöille. Muut kehitysmahdolli-

suudet keräilyyn esimerkiksi keräyslistan selkeämmän jaottelun osalta tulevat toteutumaan tulevaisuudessa uusissa kehitysprojekteissa.

9 Johtopäätökset

Insinööriyössä on käytetty paljon teoriapohjaan vahvasti viittaavia asioita ja kokonaisuuksia. Tärkeimpinä sovellusesimerkkeinä ovat leanissa käytetyt menetelmät. Keskeisiä teoriataustoja operational excellencea ja leanin filosofiaa hyödynnettäessä on niiden selkeinpanä tavoitteena pitkäjänteinen kehitystyö, joka jatkuu saavutettujen tavoitteiden jälkeen. Jatkuva kehittäminen tehtaalla perustuu pienemmän ja suuremman luokan muutoksiin. *Layout*-muutosprojekti oli yksi suurempi kokonaisuus, jota tukivat pienemmät yksittäiset kehityskohteet. Pienempiä kehitysprojekteja työstetään jatkuvasti.

Fyysisten muutosten tukemiseksi täytyy seuraavana vaiheena seurata saavutettujen tavoitteiden toteutumista erityisesti johtamiseen keskittyvänä sekä mentaalisella tasolla. Muutoin projektilla ei saavuteta tarpeeksi nopeasti hyötyjä tuotannon tehokkuuden kasvattamiseksi. Työnjohtolla on tärkeä rooli *layoutin* muutoksen jälkeen tapahtuvassa pitkäjänteisen tavoitteisiin pyrkimisessä, jotta he yhdessä työntekijöiden kanssa onnistuvat. [11.]

Tuotannon toimitusketjun kaikkia osa-alueita on tärkeä kohdella ja arvostaa kaikilta suunnilta tasapuolisesti. Varastoinnin arvostamista on korostettava ja lisäksi on syytä muistaa, että ilman sen hyvää ylläpitoa koko toimitusketjun onnistuminen on vaarassa. Parhaan mahdollisen lopputuloksen muutoksissa saavuttavat yhtenä tiiminä toimivat työnjohto, tuotannonohjaus, logistiikka sekä kokoonpano.

Ongelmia aiheuttava osien järjestyksen ylläpidon yhdeksi ratkaisuksi voisi toimia pienosan hinnan liittäminen sen nimiketietojen yhteyteen. Tällä menetelmällä työntekijät näkisivät osien todellisen arvon ja ymmärtäisivät kohdella tuotteita samalla tavalla kuin ne olisivat heidän omia esineitään. Osien sekoittumisen estäminen ja käyttökelpoisten liittimien uudelleen kierätykseen saataisiin myös toimimaan paremmin tällä keinolla.

Lähteet

- 1 Lean taskukirja. Kouri, Ilkka 2009. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
- 2 Lean ajattelu ja sen periaatteet. Verkkodokumentti.
< <http://www.laaksoharju.fi/lean-ajattelu-ja-periaatteet>>. Luettu 22.1.2014
- 3 Lean tietoutta. Verkkodokumentti.
<<http://www.leanproduction.com/index.html>>. Luettu 12.12.2013
- 4 Operational excellence periaatteet. Verkkodokumentti.
<https://www.iienet2.org/uploadedfiles/SHSNew/Tools_and_Resources/RobertMillerOpExArticle.pdf>. Luettu 26.2.2014
- 5 Demingin PDCA-kierto. Verkkodokumentti.
<<http://totalqualitymanagement.wordpress.com/2009/02/25/deming-cycle-the-wheel-of-continuous-improvement/>>. Luettu 12.2.2014
- 6 Walter A. Shewartin historiaa. Verkkodokumentti.
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2464836/>>. Luettu 12.2.2014
- 7 RFID-tietoutta. Verkkodokumentti.
<<http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>>. Luettu 12.12.2013
- 8 RFID-components kuva.
<http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27242010000400008&script=sci_arttext>. Viitattu 28.1.2014
- 9 RFID:n sovelluskohteet. Verkkodokumentti.
<<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1334>>. Luettu 5.2.2014
- 10 Hakkilan tehtaan työntekijöiden haastattelut (19. - 27.syyskuuta 2014).
- 11 Metson intranet sivut. Verkkodokumentti.
<<http://avenue.metso.com/Locations/VantaaVanha%20Porvoontie/local/factorylayout/Pages/Default.aspx>>. Luettu 20.2.2014

Haastattelukysymykset

1. Varastointi ja keräily
 - 1.1 Miten nykyisin käytössä oleva keräilysteemi on palvellut eri osa-alueita; vastaanotto, varasto, keräily, kokoonpano ja osto?
 - 1.2 Mitä hyviä puolia nykyisessä varastointiratkaisussa on?
 - 1.3 Mitä huonoja puolia nykyisessä esiintyy?
 - 1.4 Minkälaisia ongelmia nykyisessä on ilmennyt?
 - 1.5 Minkälainen pienosien varastointiratkaisu oli aikoinaan käytössä Roihupellon tehtaalla?
 - 1.6 Miten tuo systeemi toimi, hyviä ja huonoja puolia?
 - 1.7 Millaisia toiveita tulevaa systeemiä kohtaan on?
 - 1.8 Mikä uudessa systeemissä arveluttaa?
2. Tavaravirta
 - 2.1 Kuinka hyvin pienosat ovat liikkuneet varastosta kokoonpanoon ja päinvastoin? Esim. pienosien tuotepalautukset, keräily, puutteet etc.
 - 2.2 Miten tuotannossa esiintyvät ylimääräiset ehjät, väärät tai rikkinäiset pienosat palautuisivat kätevimmin varastoon uudessa *layoutissa*?
 - 2.3 Miksi pienosia täytyy käydä vaihtamassa?
 - 2.4 Onko mitään parannus ehdotuksia liittyen pienosien tavaravirtaan eri paikkojen välillä?
3. Yleisimmin kuluvat pienosat ja niiden määrittely
 - 3.1 Mitä pienosia olisi hyvä olla tuotannossa lähellä ja jatkuvasti saatavilla?
 - 3.2 Olisiko mahdollinen alihankkijan valmiiksi kokoama osapussi toimiva ratkaisu joillakin *streameilla* tai työpisteillä?
 - 3.3 Mitä osia mahdollisen pussin tulisi pitää sisällään?
 - 3.4 Miten paljon ja kuinka eri *streameissa* koottavien yhdistelmien vaatimat osat tai osakokonaisuudet eroavat toisistaan?
4. Muokattavuus ja laajennus mahdollisuudet
 - 4.1 Miten mahdolliset tulevan varastoratkaisun laajennukset tai muutokset tulisi ottaa huomioon tulevaisuutta varten?
5. Hyllyratkaisut
 - 5.1 Minkälainen hyllyratkaisu olisi tulevassa *layoutissa* toimivin?
Esimerkkejä:
 - 1-2 isompaa täyttöhyllä tai pateria kaksi laatikko-järjestelmä toteutettuna täyttövastuusta riippuen kokoonpano tai varastoalueella, joista täyttö työpisteille pienempiin laatikoihin.

- Työpiste parin käsittävä pikkuhylly johon täyttö isommasta hyllystä.
- Jokaisessa *streamissa* 1-3 hyllyä joista osat tulisi noutaa .
- Jokaisella työpisteellä oma pikkuhylly johon täyttö tulisi isommasta hyllystä.

6. Ylläpito ja vastuut

6.1 Mihin hyllyjen täyttövastuu pitäisi kohdistaa?

- Esimerkkejä:
- varasto huolehtii, että kokoonpanolla on tarpeeksi pienosia.
- pienosien toimittaja täyttää osat suoraan laatikoihin.
- kokoonpanosta nimetyt 1-3 henkilöä hoitavat hyllytätöt.
- keräilijät pitävät huolta osien riittävyydestä.

6.2 Mihin hälytysimpulssin lähettämismvastuu tulisi kohdistaa?

6.3 Millainen olisi paras täyttöimpulssi ratkaisu?

6.4 Kuinka usein pienosien täyttötarve olisi syytä tarkistaa?

6.5 Miten huolehditaan täytöistä vastuussa olevan henkilön poissa ollessa?

7. Pienosien kulutus

7.1 Miten kulutusmäärät tulisi arvioida?

7.2 Kuinka työkuorman muuttuessa kulutusmäärien valvonta pitäisi toteuttaa?

7.3 Mistä tiedot työkuorman muutoksesta saadaan ja kenelle tieto pitäisi välittää?

Pienosanimikkeistö

ID	kuvaus	lisätieto
K0140	6 x 1/8NPT	SUORA
H1109	6 x 1/4NPT	SUORA
H5989	6 x G1/4	SUORA
H1434	6 x 1/8NPT	KULMA
H1111	6 x 1/4NPT	KULMA
H042637	6 x R1/4	KULMA
231712	10 x 1/4NPT	SUORA
H5990	10 x G1/4	SUORA
K0049	10 x 3/8NPT	SUORA
H1441	10 x 1/2NPT	SUORA
231656	10 x 1/4NPT	KULMA
H042638	10 x R1/4	KULMA
H1050	10 x 3/8NPT	KULMA
H1110	10 x 1/2NPT	KULMA
K0047	12 x 1/4NPT	SUORA
H8124	12 x G1/2	SUORA
K0048	12 x 1/4NPT	KULMA
K0052	12 x 1/2NPT	KULMA
K0046	12 x 1/2NPT	SUORA
H7506	16 x 3/4NPT	SUORA
H7504	16 x 1/2NPT	SUORA
H7507	16 x 3/4NPT	KULMA
H7505	16 x 1/2NPT	KULMA
H8108	1/4NPT x 1/8NPT	SUORA
H1524	1/4NPT x 1/8NPT	KULMA
231521	1/4NPT x 1/4NPT	KULMA
232109	1/4NPT x 1/4NPT	SUORA
231523	3/8NPT x 1/4NPT	SUORA
H398	3/8NPT x 3/8NPT	SUORA
H8111	3/8NPT x 1/2NPT	SUORA
H042640	3/8NPT x R1/4	KULMA
231579	3/8NPT x 1/4NPT	KULMA
231580	3/8NPT x 3/8NPT	KULMA
231518	3/8NPT x 1/2NPT	KULMA
H54	1/2NPT x 1/2NPT	SUORA
231515	1/2NPT x 1/2NPT	KULMA
H8729	5/8NPT x 1/2NPT	KULMA
K0151	3/4NPT x 3/4NPT	SUORA
H5906	3/4NPT x G3/4	SUORA
231513	3/4NPT x 3/4NPT	KULMA

H5905	3/4NPT x R1/4	KULMA
K0114	6mm	FERRULE SET
K0115	10mm	FERRULE SET
K0116	12mm	FERRULE SET
K0117	1/4"	FERRULE SET
K0118	3/8"	FERRULE SET
K0119	1/2"	FERRULE SET
K0307	1/4NPT x 1/4NPT BRASS	KULMA
K0316	3/8NPT x 3/8NPT BRASS	SUORA
K0315	3/8NPT x 1/4NPT BRASS	SUORA
K0309	3/8NPT x 1/4NPT BRASS	KULMA
K0310	3/8NPT x 3/8NPT BRASS	KULMA
K0323	10 x 1/2 NPT BRASS	KULMA
K0321	10 x 1/4NPT BRASS	KULMA
K0322	10 x 3/8NPT BRASS	KULMA
K0320	6 x 1/4NPT BRASS	KULMA
K0326	10 x 1/4NPT BRASS	SUORA
K0325	6 x 1/4NPT BRASS	SUORA
H042632	10x 1/4BSPT BRASS	KULMA
H042631	6 x 1/4BSPT BRASS	KULMA
H1407	1500 10/7 BRASS	KULMA
K0327	10 x 3/8NPT BRASS	SUORA
K0198	1500 6/4R BRASS	KULMA
K0344	6 x 1/8NPT BRASS	KULMA
H7388	1500 10/7 BRASS	KULMA
230263	6 x 1/4NPT Ermeto	KULMA
230264	10 x 1/4NPT Ermeto	KULMA
231622	10 x 3/8NPT	KULMA
K0054	1/2NPT x 1/2NPT	KULMA
K0226	1/4NPT x 1/4NPT	KULMA
H9225	1/4NPT x 1/4NPT	KULMA
K0227	3/8NPT x 3/8NPT	KULMA
230259	6 x 1/4NPT	SUORA
H042636	10 x R1/4 BSPT	KULMA
230260	10 x 1/4NPT	SUORA
K0222	10 x 1/2NPT	SUORA
H042635	6 x R1/4 BSPT	KULMA
H6821	G1/4 x 1/4NPT ALUMINIUM	SUORA
H413	1/2NPT x 1/2NPT	KULMA
H412	1/4NPT	KULMA
231344	1/2NPT	KULMA
H177	3/8NPT x 3/8NPT	KULMA
H371	1/2NPT x 1/4NPT	SUPISTUSNIPPA
H222	1/2NPT x 3/8NPT	SUPISTUSNIPPA

K0285	1/2NPT x 3/8NPT BRASS	SUPISTUSNIPPA
K0275	3/8NPT x 1/4NPT BRASS	SUPISTUSNIPPA
665230	1/4NPT x 1/8NPT	SUPISTUSNIPPA
H223	3/4NPT x 1/2NPT	SUPISTUSNIPPA
H188	3/4NPT x 1/4NPT	SUPISTUSNIPPA
H411	3/4NPT x 3/8NPT	SUPISTUSNIPPA
H187	3/8NPT x 1/4NPT	SUPISTUSNIPPA
H191	1NPT x 1/2NPT	SUPISTUSNIPPA
H189	1NPT x 1/4NPT	SUPISTUSNIPPA
H192	1NPT x 3/4NPT	SUPISTUSNIPPA
H6964	1NPT x 3/8NPT	SUPISTUSNIPPA
H181	1/2NPT x 1/2NPT x 1/2NPT	T-LIITIN
H9226	1/4NPT x 1/4NPT x 1/4NPT	T-LIITIN (F/F/M)
H179	1/4NPT x 1/4NPT x 1/4NPT	T-LIITIN
H182	3/4NPT x 3/4NPT x 3/4NPT	T-LIITIN
H180	3/8NPT x 3/8NPT x 3/8NPT	T-LIITIN
H9227	1/2NPT x 1/2NPT x 1/2NPT	T-LIITIN (F/F/M)
H408	1/2NPT x 1/2NPT	KAKSOISNIPPA
H9213	1/2NPT x 1/4NPT	KAKSOISNIPPA
H9214	1/2NPT x 3/8NPT	KAKSOISNIPPA
H409	1/4NPT x 1/4NPT	KAKSOISNIPPA
968781	1/4NPT x 1/4NPT	KAKSOISNIPPA
H06749	1/4NPT x 1/4NPT	KAKSOISNIPPA
H186	1NPT x 1NPT	KAKSOISNIPPA
H9217	1NPT x 3/4NPT	KAKSOISNIPPA
H9215	3/4NPT x 1/2NPT	KAKSOISNIPPA
H185	3/4NPT x 3/4NPT	KAKSOISNIPPA
H9212	3/8NPT x 1/4NPT	KAKSOISNIPPA
H184	3/8NPT x 3/8NPT	KAKSOISNIPPA
H039195	G1/4 x 1/4NPT	KAKSOISNIPPA
H039196	G1/4 x 1/4NPT	KAKSOISNIPPA
H5560	1/8NPT x 1/8NPT	KAKSOISNIPPA
H9216	1/2NPT x 1NPT	KAKSOISNIPPA
H5073	3/4NPT x 1/2NPT	ADAPTER
7219501	1/4NPT x 3/8NPT	LAAJENNUSNIPPA
H5958	1/4NPT x 1/2NPT	LAAJENNUSNIPPA
H5012	1/8NPT x 1/4NPT	LAAJENNUSNIPPA
K0200	1/8NPT	SUODIN
234991	1/4NPT	SUODIN
234992	3/8NPT	SUODIN
234993	1/2NPT	SUODIN
234994	3/4NPT	SUODIN
234995	1NPT	SUODIN
H098135	MTG SET B_U6-11	

H098136	MTG SET B_U12-50
235666	WASHER M5
235859	WASHER M6
235672	WASHER M8
234712	WASHER M10
235670	WASHER M12
232921	WASHER M16
H045534	WASHER M20
3689	MUTTERI M10
235814	MUTTERI M5
4256	MUTTERI M6
235314	MUTTERI M8
234397	MUTTERI M24
K0274	M8 x 25 A4 RUUVI
2798	5/16 UNC x 19 A4 RUUVI
235829	M6 x 12 A2 RUUVI
H071881	M5 x 20 RUUVI A4
230731	M5 x 40 A4 RUUVI
232916	M5 x 10 A2 RUUVI
H069265	M5 x 35 A4 RUUVI
H017281	M6 x 12 A4 RUUVI
H047769	RUUVI M5 x 70 A4
H071830	RUUVI M5 x 50 A4
3587	MUTTERI M16
235341	RUUVI M20 x 40 A2
236905	RUUVI M16 x 35 A2
236957	RUUVI M8 x 30 A4
235312	MUTTERI M20
H017521	PLUG 1/4
3136	Ahtoniitti Carbon+steel
H096000	Ahtoniitti A2
Nippusiteet	
Muovitulpat	
Kilpien kiinnitys	Annen koppi
H073362	Tukiraudat BJ20-25
H073363	
643600	FLOW ARROWS Aluminium
643601	FLOW ARROWS Aluminium
643602	FLOW ARROWS Aluminium
H062214	FLOW ARROWS 316
H062215	FLOW ARROWS 316
H062216	FLOW ARROWS 316
H062217	FLOW ARROWS 316
617040	DIREC ARROWS ALUMINIUM

617041	DIREC ARROWS ALUMINIUM
617042	DIREC ARROWS ALUMINIUM
617043	DIREC ARROWS ALUMINIUM
Jamesbury	
3861	WASHER M8 Zn
2575	WASHER M10 Zn
3306	WASHER M12 Zn
3307	WASHER M16 Zn
	SPRINGWASHER M5 Zn
	SPRINGWASHER M6 Zn
	SPRINGWASHER M8 Zn
	SPRINGWASHER M10 Zn
H040310	RUUVI M5 x 12 A4
234241	RUUVI M8 x 25 A2
H017462	RUUVI M12 x 30 A2
233924	RUUVI M12 x 35 A2
H086074	RUUVI M10 x 12 A4
237065	RUUVI M5 x 28 A4
H017748	RUUVI M10 x 40 A2
H071882	M6 x 12 A4 CROSSHEAD
2533	RUUVI 5/16 UNC X 25 Zn
233686	RUUVI M8 x 25 Zn
3654	RUUVI M10 x 30 Zn
H051318	RUUVI M3,5 x 30 A4
H103486	13mm holkki
H051314	COUPLING QP
H026398	Sormisuojan suuntatarra